

Puhaltimen huoltotyön kehittäminen

Ville Myyryläinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

MYYYRYLÄINEN, VILLE: Puhaltimen huoltotyön kehittäminen

Opinnäytetyö 62 sivua, josta liitteitä 17 sivua
Toukokuu 2014

Ruukki Metals Oy:ssä Hämeenlinnan tehtaalla valmistetaan kylmävalssattuja teräsohutlevy tuotteita. Asiakkaille päätyvät tuotteet ovat kylmävalssattuja, sinkittyjä tai maalipinnoitettuja levyarkkeja, keloja tai rainoja. Tämä opinnäytetyö käsittelee tehtaan peittauslinjan happohöyrypuhaltimen huoltotyötä, jossa on havaittu kehittämistarpeita. Työn toimeksiantajana on kunnossapitopäällikkö Timo Leho.

Happohöyrypuhaltimen juoksupyörän vaihtotyö oli havaittu haasteelliseksi. Pyörä on vaikea irrottaa puhaltimen käyttöakselilta ja pyörä on vaikea ohjata ulos puhaltimen puhallinkotelon sisältä. Tässä on lisäksi havaittu työtaturmariskejä huoltohenkilökunnan toimesta.

Työn lopputuloksena saatiin suunnitelma apuvälineistä ja työn etenemisestä, joiden avulla huoltotyö on mahdollista toteuttaa turvallisemmin, nopeammin ja yksinkertaisemmin.

Asiasanat: ruukki, työturvallisuus, huoltotoimenpiteet, prosessipuhallin

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Options of Modern Production Systems

MYYYRYLÄINEN, VILLE:
The Fan Service Work Development

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 17 pages
May 2014

Ruukki Metals Oy, Hämeenlinna factory manufactures cold-rolled steel sheet products. Customers will end up with products that are cold rolled, galvanized and color-coated sheets, reels or webs. This thesis deals with the factory pickling line acid steam blower maintenance work, which needs developing. The work was commissioned by the maintenance manager Timo Leho.

The acid steam blower impeller replacement work has been found to be challenging. The impeller is difficult to remove from the blower drive shaft and the wheel is difficult to control when removing out from the fan housing. This has been found to be a potential risk of accidents at work by the maintenance staff.

The end result of this thesis is a plan for the maintenance tools and progress of the work to help maintenance work to be carried out more safely, quickly and simply.

Key words: ruukki, industrial safety, maintenance, process fan

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta	7
1.2	Työn tavoitteet ja rakenne	8
2	TYÖANTAJAN TIEDOT	9
2.1	Rautaruukki Oyj.....	9
2.1.1	Rautaruukin historia.....	9
2.1.2	90-luvulta nykypäivään.....	9
2.2	Konsernirakenne	10
2.3	Ruukki Metals Oy Hämeenlinna.....	11
2.3.1	Tehtaan historia lyhyesti	11
2.3.2	Hämeenlinnan tehdas tänä päivänä.....	12
3	PEITTAUSLINJA.....	13
3.1	Alkupää.....	13
3.2	Prosessialue.....	14
3.3	Loppupää	15
3.4	Happohöyrypesuri.....	16
4	ONGELMAN KARTOITTAMINEN JA APULAITTEEN VAATIMUKSET	17
4.1	Ongelman kartoitus	17
4.2	Apulaitteiden vaatimukset	20
4.3	Lainsäädäntö.....	21
5	VAIHTOMENETELMÄN SUUNNITTELU	22
5.1	Apulaitesuunnitelma 1.....	24
5.2	Apulaitesuunnitelma 2.....	27
6	YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU	29
6.1	Sopivan ratkaisun valinta	29
6.2	Kehitysversio 1	29
6.2.1	Ulosvetoakseli	29
6.2.2	Ohjausakseli	30
6.2.3	Vaihtoteline	30
6.2.4	Kehitysversion 1 toiminnan tutkiminen.....	33
6.3	Kehitysversio 2	35
7	LUJUUSTARKASTELU	39
7.1	Lujuustarkastelun alkunäkökohdat	39
7.2	Vaihtoteline.....	39
7.3	Ulosveto- ja ohjausakselin lujuustarkastelu	41
8	YHTEENVETO JA POHDINTA	44
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET.....	46
	Liite 1. Ulosvetoakseli piirustus.....	46

Liite 2. Ohjausakselin piirustus.....	47
Liite 3. Kehdon piirustus (Sivu 1).....	48
Liite 3. Kehdon piirustus (Sivu 2).....	49
Liite 4. Vaihtotelineen rungon piirustus (Sivu 1).....	50
Liite 4. Vaihtotelineen rungon piirustus (Sivu 2).....	51
Liite 5. Vaihtotelineen piirustus.....	52
Liite 6. Lukitsimen piirustus.....	53
Liite 7. Teräsrullan piirustus.....	54
Liite 9. Liukupalan piirustus.....	55
Liite 8. Poistoputken tukitolpan piirustus.....	56
Liite 9. Poistoputken piirustus.....	57
Liite 10. Poistoputken väliosa.....	58
Liite 11. Työohje (sivu 1).....	59
Liite 11. Työohje (sivu 2).....	60
Liite 11. Työohje (sivu 3).....	61
Liite 11. Työohje (sivu 4).....	62

ERITYISSANASTO

Huuva	Puhaltimen kotelo, jonka sisällä juoksupyörä aikaansaa puhallusvoiman
Juoksupyörä	Puhallusvoiman aikaansaava puhaltimen osa
Kuoppavaraaja	Kuoppa, johon teräsnauhaa varataan
Käyttöakseli	Akseli, johon käyttövoima johdetaan voimakoneesta tai voimansiirtoakselista
Peittauslinja	Tehdaslinjasto, jolla poistetaan oksidikerros sekä epäpuhtaudet metallin pinnasta
Pro Engineer 5	Kolmiulotteinen CAD mekaniikkasuunnitteluohjelmisto

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Ruukki Metals Oy:n Hämeenlinnan tehtaan peittauslinjalla puhdistetaan Ruukin Raahen tehtailta saapuneet teräskelat kuumavalssauksen jäljiltä olevasta oksidikerroksesta. Tähän käytettävä liuos on 20 prosenttista suolahappoa. Käytetty suolahappo puhdistetaan happohöyrypesurissa. Happohöyrypuhallin puhaltaa puhdistetun höyryn piipusta ulkoilmaan.

Happohöyrypuhalltimen sisällä on noin 130kg painoinen puhallusjuoksupyörä. Pyörä on kumioitu sen pidemmän iän takeeksi. Ajan myötä kumionti heikkenee hapon vaikutuksesta, josta seuraa kumioinnin lohkeaminen ja lopulta irtoaminen. Tällöin pyörä joutuu epätasapainoon, jolloin se on vaihdettava ehjään ja tasapainotettuun laajempien vaurioiden välttämiseksi.

Vaihtotapahtuma on nykyisellään epäturvallinen, vaikea ja epämiellyttävä tehtävä. Pyörä on usein jumittunut akselilleen tiukasti kiinni, jolloin tarvitaan ulosvetotyökalua. Puhallinpyörän kartiomainen muoto ja sen pinnalla oleva kumiointi vaikeuttavat olemassa olevien ulosvetotyökalujen käyttöä. Painava pyörä on lisäksi vaikea ohjata ulos puhalltimen kammioista eli huuvasta, johtuen lähes samankokoisesta huoltoaukosta kuin mitä itse puhallinpyörä on. Asentajat ovat käyttäneet tähän apuna puupalikoita, jotta pyörä ei pääse putoamaan huuvan sisälle. Tilanne on hyvin otollinen sormien puristumisvaaratilanteille. Puhalluspyörä on nostettu ulos huuvasta nostotaljan avulla.

Ruukilla on jo useamman vuoden panostettu työturvallisuuden kehittämiseen ja parantamiseen. Muun muassa kunnossapidossa noudatetaan Japanista lähtöisin olevaa 5S-menetelmää työpisteiden organisoinnissa ja työmenetelmien standardoinnissa. Kerran kuukaudessa osastoittain järjestettävässä turvavartissa voivat työntekijät itse ehdottaa parannuksia ja niistä voidaan keskustella. Työtehtäviä pyritään jatkuvasti kehittämään työturvallisemmiksi, helpommiksi ja sitä kautta tehokkaammiksi. Nämä kolme asiaa ovat tämän opinnäytetyön tausta-ajatukset, joiden myötä lähdän tapausta tarkastelemaan.

1.2 Työn tavoitteet ja rakenne

Työn tarkoituksena on tehdä suunnitelma happohöyrypuhaltimen juoksupyörän vaihtomenetelmästä, joka parantaa vaihtotapahtuman työturvallisuutta, yksinkertaistaa ja samalla helpottaa kyseistä työtehtävää. Edellä mainittujen myötä tehtävä on mahdollista suorittaa nopeammin, mutta työturvallisuus on tärkein prioriteetti.

Opinnäytetyö alkaa tilaajan yritysesittelyllä ja työn aiheena olevan prosessipuhaltimen sijaintina olevan peittauslinjan kuvaamisella. Itse ongelmaan perehdyn ensin nykyisen vaihtotapahtuman selvittämällä ja analysoinnilla. Tarkoituksena on haastatella toimipidettä suorittaneita asentajia, ja selvittää heidän kokemuksiaan ja ideoitaan vaihtotapahtuman kulusta ja kehitysmahdollisuuksista. Ilmenneitä kehitysehdotuksia vertaillaan ja niistä valitaan yhdessä työn tilaajan kanssa optimaalisimmat kehitystoimet.

Lopullisten kehitystoimien päättämisen jälkeen laaditaan uusista apuvälineistä rakennepiirustukset ja luku- ja lujuuslaskelmat. Uusien apuvälineiden kustannukset pyritään pitämään mahdollisimman kohtuullisina. Apuvälineiden valmistus ja käyttöönotto eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön. Alustava työohjeistus laaditaan apuvälineiden suunnittelun jälkeen, jotta suunnittelijan ajatukset välineiden toiminnasta siirtyvät yritykselle sekä itse välinettä käyttäville asentajille.

2 TYÖANTAJAN TIEDOT

2.1 Rautaruukki Oyj

2.1.1 Rautaruukin historia

Rautaruukki sai alkunsa vuonna 1960. Alun alkaen sen tarkoitus oli hyödyntää kotimaisia malmivarantoja ja tuottaa raakamateriaalia omalle telakka- ja metalliteollisuudelle. Suomen valtion ohella Rautaruukkia olivat perustamassa Outokumpu, Valmet, Wärtsilä, Rauma-Repola ja Fiskars. Raahen tehdas alkoi ensimmäisenä länsimaisena tehtaana valmistaa terästä kustannustehokkaalla jatkuvavalumenetelmällä. (Rautaruukki Oyj, 2012).

1970-luvulla keskityttiin palvelemaan asiakkaita monipuolisemmin. Tämä edellytti tuotannon jatkojalostukseen paneutumista, jonka myötä toimintaa laajennettiin ohutlevy- ja putkituotteisiin. Hämeenlinnaan avattiin tehdas kylmävalssattujen peltilevyjen ja putkituotteiden tuotantoon. Raahen tehtaan toinen masuuni käynnistettiin 1976.

1980-luvulla alkoi laajeneminen Länsi-Eurooppaan. Tämä tarkoitti myyntiyhtiöiden perustamista uusille alueille sekä yritysostojen tekemistä. Näistä merkittävimpiä olivat mm. tanskalainen muovipinnoittamo Metalcolour A/N, norjalainen terästukkukauppa CCB-Gruppen sekä saksalainen putkitehdas Schmacke Rohr GmbH. (Rautaruukki Oyj, 2012).

2.1.2 90-luvulta nykypäivään

90-luvulla alkoi voimakas investointi tuotannon jalostusasteen nostamiseen ja omien merkkituotteiden kehittäminen. Uusia ovia avautui Itä-Euroopasta ensin Baltiassa ja Puolassa sekä sittemmin Venäjällä, Ukrainassa, Tšekissä ja Unkarissa. 1990-lukua leimaa Rautaruukin voimakas kansainvälistyminen. Työntekijöiden lukumäärä kokonaisuudessaan oli jo yli 12 000, joista Suomen ulkopuolella lähes 5 000.

2000-luvulla alkoi panostus ratkaisuliiketoimintoihin, eli rakentamisen ja konepajateollisuuden ratkaisuihin. Erikoisteräksistä otettiin teräsliiketoiminnan ydinosamisalue. 2004 kaikki konsernin yhtiöt ottivat käyttöön markkinointinimen Ruukki. (Kuvio 1).

Tänä päivänä Ruukilla on vahva jalansija kehittyvillä markkinoilla kuten Venäjällä ja itäisessä Keski-Euroopassa. Ruukki on Pohjoismaiden vahvimpia toimittajia teräsliiketoiminnassa. Liikevaihto koko konsernissa on noin 1 581 miljoonaa euroa. (Rautaruukki Oyj, 2011).



KUVIO 1. Konsernin käyttämät liikemerkit ja niiden käyttövuodet. (Rautaruukki Oyj 2012)

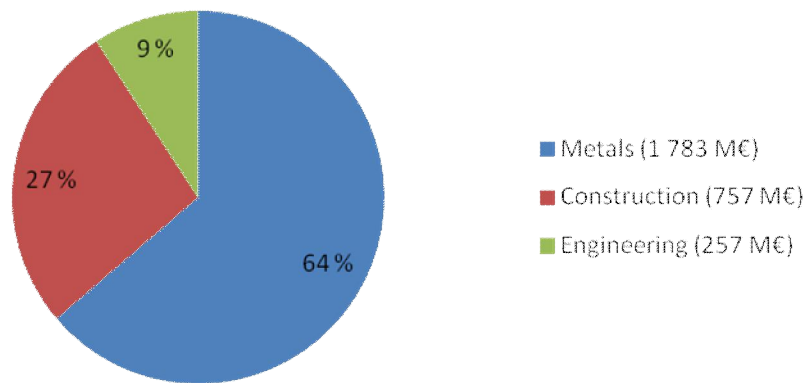
2.2 Konsernirakenne

Ruukki on jakanut konserninsa kolmeen eri kategoriaan. Ruukki Construction toimittaa elinkaari- ja energiatehokkaita teräsrakenneratkaisuja liike-, toimitila- ja teollisuusrakentamiseen, pientaloihin sekä satama- ja väylärakentamiseen. Ruukki Constructionin palveluksessa on noin 3 500 työntekijää. (Rautaruukki Oyj, 2012).

Ruukki Engineering valmistaa asennusvalmiita järjestelmiä ja komponentteja konepajateollisuudelle. Keskeisimpänä tuotealueena ovat ohjaamot sekä erilaiset energiatehokkaat erikoisteräskomponentit, kuten puomit, mastot ja tukijalat. Asiakkaina on suuria materiaalinkäsittely-, rakennus-, kaivos-, ja metsäkoneteollisuuden laitevalmistajia. Ruukki Engineeringin palveluksessa on noin 1 900 henkilöä. (Rautaruukki Oyj, 2012)

Ruukki Metals, johon Hämeenlinnan tehdas myös kuuluu, toimittaa energiatehokkaita erikoisterästuotteita. Valikoimiin kuuluu muun muassa erikoislujia, kulutusta kestäviä ja erikoispinnoitettuja tuotteita vaativiinkin sovelluskohteisiin. Vahvan teknologisen osaamisensa ja nykyaikaisen valmistuskapasiteetin ansiosta Ruukki on pohjoismaiden ja Baltian yksi johtavista terästuotteiden valmistajista ja jakelijoista. Ruukki Metals osion palveluksessa on noin 5 400 henkilöä.

Liikevaihdot osa-alueittain 2011



KUVIO 2. Konsernin liikevaihtojakauma osa-alueittain vuonna 2011. (Rautaruukki Oyj, 2012).

2.3 Ruukki Metals Oy Hämeenlinna

2.3.1 Tehtaan historia lyhyesti

Rautaruukin Hämeenlinnan tehdas on perustettu vuonna 1972, jolloin käynnistettiin sinkittyjen ja kylmävalssattujen teräslevyjen tuotanto. Vuotta myöhemmin toimintaa laajennettiin hankkimalla putkitehdas yritysostona profiiliputkien valmistukseen aivan tehtaan vierestä.

Maalaus- ja pinnoituslinja käynnistettiin vuonna 1977 tarkoituksena valloittaa uusia osa-alueita laajenevilla markkinoilla. Sinkityslinja 2 aloitti toimintansa vuonna 1985. 90-luvun loppupuolella kylmävalssauskapasiteetti oli noussut noin 1,25:n miljoonan tonnin vuosivauhtiin.

Viimeisin suuri linjainvestointi on vuodelta 2000, jolloin sinkityslinja 3 aloitti sinkityn teräksen valmistuksen. Samana vuonna myös maalauslinja modernisoitiin nykyaikaisemmaksi ja paremmin toimivaksi.

2.3.2 Hämeenlinnan tehdas tänä päivänä

Ruukki Metals Oy Hämeenlinnan tehtailla työskentelee noin 930 henkilöä, joista tuotannosta vastaa noin 620. Konsernitoimintojen ja muiden liiketoiminta-alueiden parissa työskentelee noin 150 henkeä. (Rautaruukki Oyj. 2011).

Hämeenlinnan tehdas tuottaa kylmävalssattuja, metallipinnoitettuja sekä maali- ja lami-naattipinnoitettuja teräksiä. Lisäksi putkitehdas tuottaa erilaisia rakenne- ja ohutseinä-putkia, paaluja ja ruostumattomia putkia.

Kaikille tilauksille laaditaan kaikki tuotantovaiheet kattava valmistusaikataulu. Valmistusohjelmassa on lähes 500 erilaista tuotetta. Maalattujen tuotteiden asiakaslaatu- ja pinnoitevariaatioita on yli 900. Hämeenlinnan tehdas valmistaa vuodessa noin 30 000 tilauspositiota. Tehtaan toimintavarmuus perustuu turvallisuuteen, joustavuuteen ja laadukkuuteen.

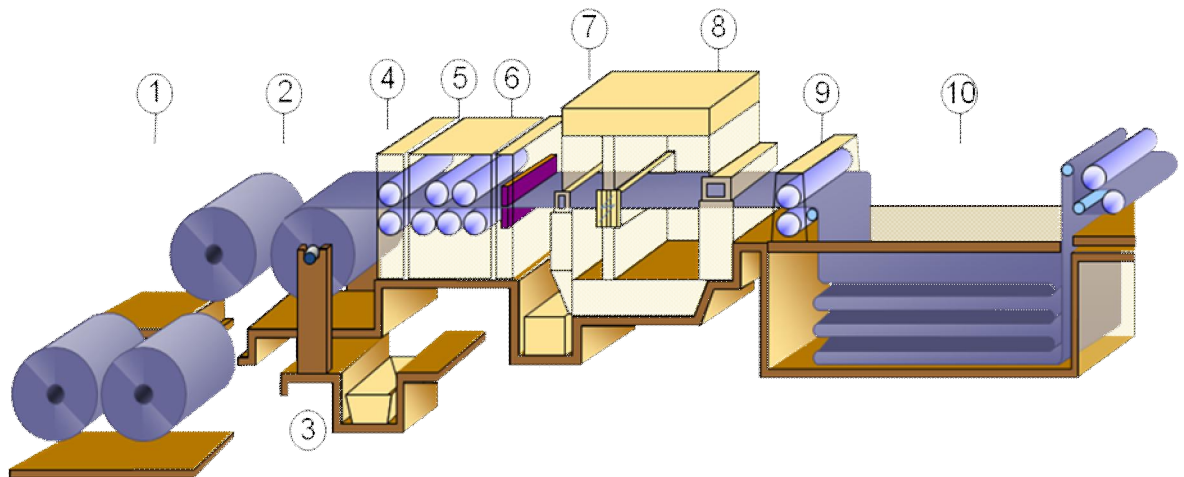
3 PEITTAUSLINJA

3.1 Alkupää

Peittauslinjan alkupäässä teräskelat siirretään linjaan kelavaunun avulla. Kelan kiinnittyä tuurnaan, aukikelain alkaa purkaa kela. Heti alkuun jokaisesta teräsnauhasta leikataan 4-6 metriä, jotta saadaan mahdolliset varastoinnin ja kuljetuksen seurauksena syntyneen naarmut ja kolhut poistettua. Sama toimenpide suoritetaan myös teräskelan loppupäälle. Poisleikattu teräsnauha kuljetetaan kierrätykseen.

Teräsnauha kulkee vetotelaston kautta oikaisurullastolle, jossa nauha oikenee suoraksi ennen hitsauskoneen leikkuria. Hitsauskoneen leikkuri leikkaa edellisen kelan loppupään ja uuden kelan alkupään suoraksi, jotta nauhat voidaan yhdistää hitsaamalla. Hitsaustoimenpidettä valvotaan aina tarkkaamosta, sillä huono hitsisauma voi johtaa sauman pettämiseen, toisin sanoen teräsnauhan katkeamiseen linjassa. Tällöin koko linja pysähtyy kunnes nauha saadaan hitsattua takaisin yhtenäiseksi.

Hitsauksen jälkeen nauha kulkee kuoppavaraajaan. Sen tarkoituksena on varata teräsnauhaa, jotta linja voi käydä kokoajan uuden teräskelan vaihdon aikana vauhdin juuriin hidastumatta.



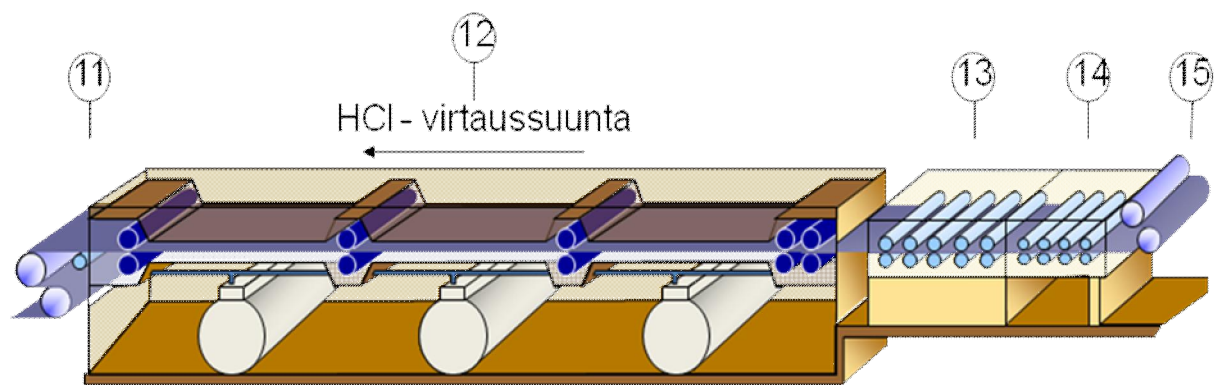
- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. Kelavaunu | 6. Katkaisuleikkuri |
| 2. Aukikelain | 7. Hitsauskone |
| 3. Leikkuri | 8. Höyläys |
| 4. Vetotelasto | 9. Vetotelasto 1 |
| 5. Oikaisurullasto | 10. Kuoppavaraaja |

KUVIO 3. Peittauslinjan alkupää. (Rautaruukki Oyj intranet 2011.)

3.2 Prosessialue

Teräsnauha vedetään kuoppavaraajasta S-telaston avulla kohti peittausaltaita. Peittausaltaissa nauhanpinnalle ruiskutetaan 88 asteista suolahappoliuosta, enimmillään 2,8 barin paineella. Prosessin tarkoituksena on poistaa kuumavalssauksessa syntynyt oksidikerros pois nauhan pinnalta.

Huuhtelualtaissa pesuvetenä käytetään etupäässä happoa höyryllä lämmittäessä syntynyttä lauhdetta, ja jos lauhteen määrä ei riitä pitämään huuhteluveden johtokykyä tai lämpötilaa tarpeeksi alhaisena, lisätään prosessivettä (Juha Kesälahti, 2012). Huuhtelun jälkeen nauha kuivataan kuumaa ilmaa hyväksikäyttäen ja vedetään S-telastolla eteenpäin.



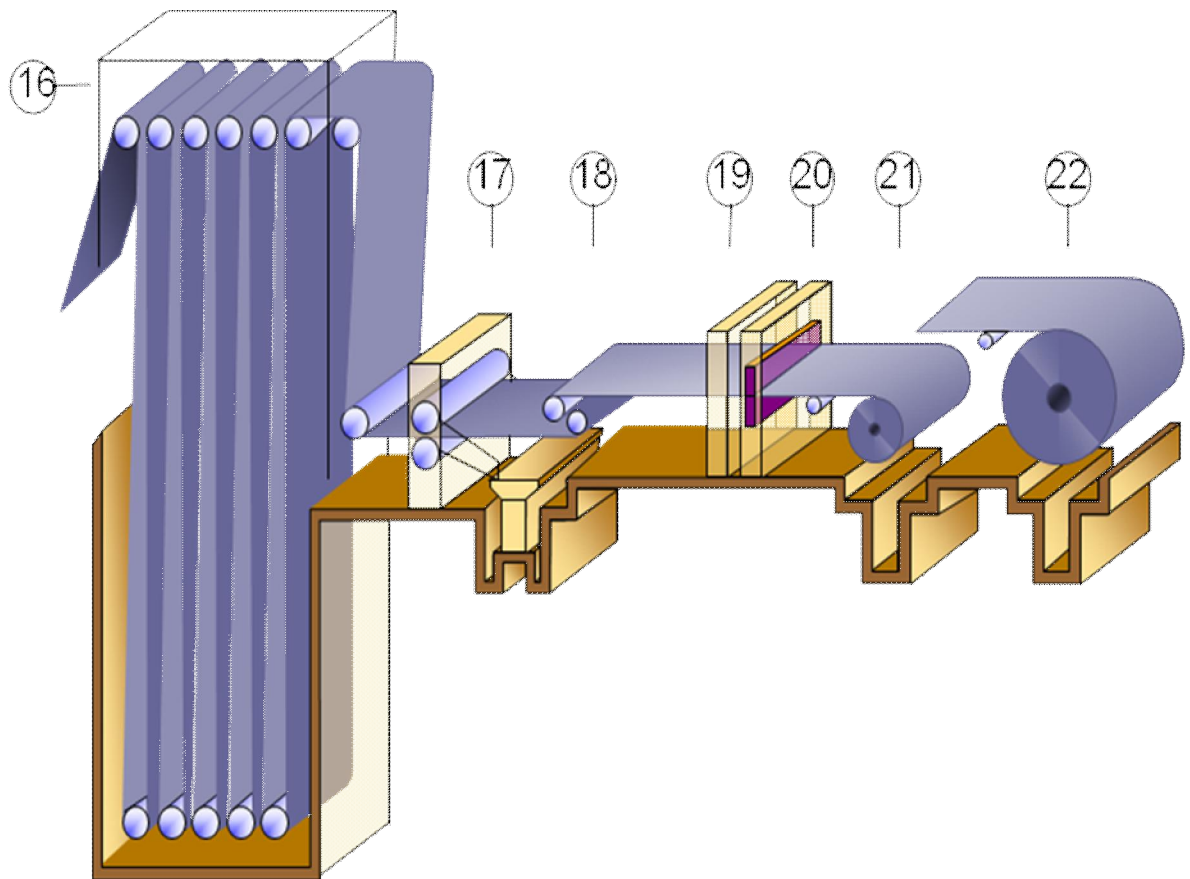
- 11. S-telasto 1
- 12. Peittausaltaat
- 13. Huuhtelualtaat
- 14. Nauhakuivain
- 15. S-telasto 2

KUVIO 4. Peittauslinjan prosessialue. (Rautaruukki Oyj Intranet. 2011.)

3.3 Loppupää

Ennen loppupäätä sijaitsee linjan toinen nauhavarain, joka varaa nauhaa loppupään kelaamista varten. Erona alkupään varaajaan, loppupään varaaja ei ryttää teräsnauhaa kuoppaan vaan nauha kiertää edestakaisin liikuteltavien rullastojen varassa. Varaajasta nauha menee sivuleikkurille, jossa se leikataan haluttuun leveyteen.

Kolmannen S-telaston kautta teräsnauha menee öljyämiskoneelle. Peitattu nauha on hyvin herkkää korroosiolle, jonka vuoksi nauha öljytään tasaisella kerroksella. Lopuksi teräsnauha kelataan kelaksi ja katkaistaan haluttuun pituuteen. Loppupäässä kelaimia on kaksi, jotta uuden kelan kelaaminen voi alkaa välittömästi edellisen kelan valmistuttua.

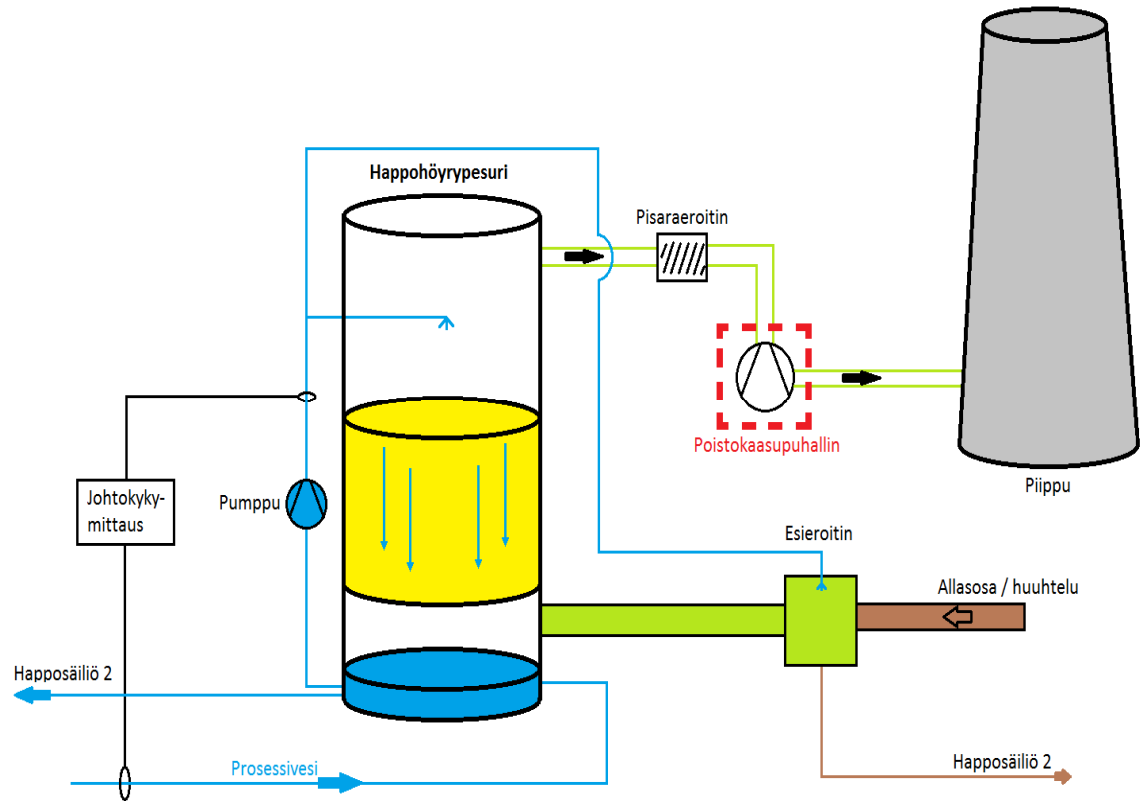


- 16. Nauhavarain
- 17. Sivuleikkuri
- 18. S-telasto 3
- 19. Öljyämiskone

- 20. Katkaisuleikkuri
- 21. Kelain 1
- 22. Kelain 2

KUVIO 5. Peittauslinjan loppupää. (Rautaruukki Oyj, Intranet. 2011.)

3.4 Happohöyrypesuri



KUVIO 6. Happohöyrypesurin toiminta. (Ville Myyryläinen, 2013)

Opinnäytetyön kohdelaite eli happohöyrypuhallin liittyy olennaisesti happohöyrypesurin toimintaan. Hap- ja huuhtelualtaiden happohöyryt ja muut kaasut imetään happohöyrypesuriin, jossa ne puhdistetaan. Pesurin yläpäästä höyry kulkee pisaraerottimen kautta piippuun ja siitä taivaalle. Tämän imu- ja poistovoiman tuottajana toimii happohöyrypullin. (Juha Kesälahti, 2012).

Happopesurin toiminta perustuu suolahapon hyvää liukenevuuteen veden kanssa. Pesurin yläosaan suihkutetaan prosessivettä, joka valuu pesurissa olevien tätekappaleiden läpi sekoittaen samalla suolahapon itseensä. Veden johtokykyä mittaamalla säädellään pohjalla olevan prosessiveden määrää ja tarvittaessa sitä lisätään.

Pesurin pohjalle kertynyttä vettä pumpataan pesurin yläosan suuttimen lisäksi myös ennen pesuria olevaan esierottimeen, josta vesi johdetaan happoallas 2:een. (Juha Kesälahti, 2012).

4 ONGELMAN KARTOITTAMINEN JA APULAITTEEN VAATIMUKSET



KUVIO 7. Toiminnassa oleva happohöyrypuhallin. (Ville Myyryläinen, 2012).

4.1 Ongelman kartoitus

Happohöyrypuhaltimen juoksupyörän irrotusprosessi on todettu haasteelliseksi. Noin 130 kg painava juoksupyörä on vaikea käsitellä, eikä siihen ole mahdollista saada suoraa nostoa johtuen kammiomaisesta puhallinkotelosta sekä vain hieman juoksupyörää suuremmasta huoltoaukosta.

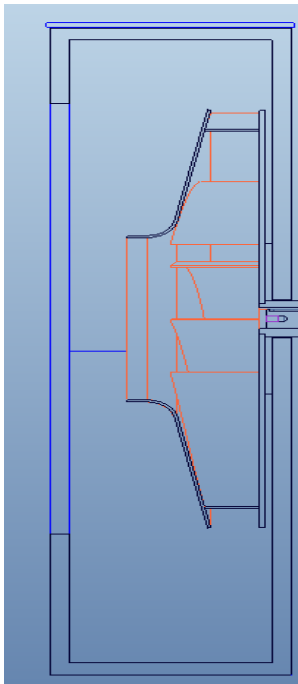


KUVIO 8. Happohöyrypuhaltimen juoksupyörä ja akseli. (Ville Myyryläinen, 2012).

Tähän asti puhallinpyörän akselilta irrottaminen on suoritettu perinteisiä ulosvetimiä käyttäen, jolla paikalleen lujasti asettunut juoksupyörä on saatu irti. Pyörän sisäpinta on 7 astetta kartio, jolloin ulosvedin luiskahtaa herkästi pois ja vaikeuttaa ulosvetotyötä.

Ulosvetämisen jälkeen pyörä putoaa pois akseliltaan ja pyrkii putoamaan alaspäin. Pyörän putoaminen huuvan sisälle on estetty puupalikoiden avulla samalla pyörää käsin tukien, täten estäen sen kaatuminen kohti huoltotyötä suorittavaa henkilöä. Lopuksi pyörä on nostettu pois nostoliinan ja puhaltimen yläpuolella sijaitsevaan palkkiin kiinnitetyn ketjutiljan avulla.

Pyörän poisnostamista vaikeuttaa kammiomainen huuva, jolloin pyörään ei päästä nostamaan suoraan ylöspäin. Lisäksi palkki, johon ketjutilja on kiinnitetty, ei sijaitse suoraan puhaltimen yläpuolella vaan takaviistossa. Tämä aiheuttaa vinonoston, jonka myötä pyörää ei saada nostettua suoraan ylöspäin ja tapahtumassa tarvitaan useampi työnteijä, jotta pyörä saadaan ohjattua pois puhallinkammion ja laskettua kuormalavalle.



KUVIO 9. Puhallinpyörän sijainti puhallinkammion sisällä. (Ville Myyryläinen, 2013).

Laitteen sijainti on haasteellinen nostoapuvälineiden käyttöä ajatellen. Hallissa olevaa hallinosturia ei ole mahdollista käyttää kohteessa yläpuolella olevien esteiden vuoksi. Lisäksi laitteen etupuolella oleva poistoilmaputken tukitolppa vaikeuttaa lattiatasossa kulkevien vaihtotelineiden käyttöä.

Ruukilla pyritään huomioimaan työtapaturmien riskit ja kartoittamaan ne jo ennen kuin työtapaturmia pääsee syntymään. Huoltohenkilökunnalla on tässä tehtävässä tärkeä osa, sillä he ovat työtehtävien suorittajia ja näin ollen ovat parhaita havaitsemaan töiden ris-
kit ja vaaranpaikat. Kuviossa 10 on Ruukin oma riskien kartoitustaulukko, jonka avulla työtehtävien eri vaaratekijöiden vakavuutta pyritään määrittämään.

Tapahtuman todennäköisyys	Seurausten vakavuus		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

KUVIO 10. Riskienkartoitustaulukko. (Minna Sundman, Ruukki Oyj, 2014)

Tässä huoltotyössä on huoltohenkilöstön toimesta havaittu kahta vaaratekijää, sormien puristumisvaaraa ja taakan hallitsematonta nostoa tai putoamista. Kuviossa 11 on nähtävillä kyseiset vaaratilanteet täytettynä Ruukin omaan taulukkoon.

Sormien puristumisvaara			
Tapahtuman todennäköisyys	Seurausten vakavuus		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen			
Mahdollinen			
Todennäköinen		4. Merkittävä riski	

Taakan hallitsematon nosto tai putoaminen			
Tapahtuman todennäköisyys	Seurausten vakavuus		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen			
Mahdollinen			
Todennäköinen		4. Merkittävä riski	

KUVIO 11. Huoltotyön havaittujen vaaratilanteiden riskienkartoitus. (Ville Myyryläinen, 2014)

Molemmat vaaratekijät on määritelty merkittäviksi riskeiksi. Sormet ovat vaarassa eritoten juoksupyörää irrotettaessa puhaltimen käyttöakselilta, jolloin juoksupyörä putoaa alaspäin ja pyrkii kaatumaan pois puhaltimen sisältä. Samassa vaiheessa taakan putoaminen on myös todennäköisintä, sillä juoksupyörä saattaa kaatua puhallinkammion sisältä kohti huoltotyön suorittajaa. Tällöin vaarassa eivät ole enää pelkästään sormet vaan koko työntekijä.

Juoksupyörää nostettaessa pois puhallinkammion sisältä, on tilaa työn suorittamiselle hyvin vähän. Nostoliina on vaikea pujottaa pyörän siipien välistä, sillä samalla pyörää on tuettava, jottei se pääsisi kaatumaan kohti huoltoaukkoa. Nostovaiheessa liina ja talja eivät ole suorassa, jolloin nosto tapahtuu vinonostona. Kun pyörää aletaan nostaa, pyörä heilahtaa kohti huoltoaukkoa ja voi heilahtaessaan osua työntekijöihin ja puristaa käden puhallinkammion ja juoksupyörän väliin.

4.2 Apulaitteiden vaatimukset

Apulaitteiden suunnittelussa on otettava huomioon muutamia seikkoja itse happohöyrypuhaltimen ympäristöstä. Ensinnäkin olisi suotavaa että tarvittavia apuvälineitä voidaan käyttää molemmille puhaltimille. Ympäristöissä on kuitenkin hieman eroa puhaltimien välillä vaikka toistensa vieressä sijaitsevatkin. Puhaltimien korkeus ja vaakasuoruus lattiaan nähden eivät todennäköisesti ole yhtenevät molempien puhaltimien kohdalla. Lattia ei myöskään ole tasainen puhaltimien edessä, mikä aiheuttaa haasteita jos käytetään lattiaan tuettuja apuvälineitä.

Peittauslinjalla käytettävä suolahappo ruostuttaa linjan ympäristössä olevia materiaaleja ja haurastuttaa useimpia kumi- ja muovimateriaaleja. Tämä on otettava huomioon, mikäli käytetään näistä materiaaleista valmistettuja apuvälineitä. Apuvälineiden säilytyspaikka on mahdollisesti pidettävä jossain muualla kuin puhaltimien läheisyydessä, jotta suolahapon vaikutuksilta voidaan välttyä.

4.3 Lainsäädäntö

Työvälinettä koskevaa standardia tai lainsäädäntöä ei Suomessa ole. Sen sijaan työturvallisuuslaki pätee tämän työn tapaukseen. Säädös tukee tälle työlle asetettuja tavoitteita työn helpottamiseksi ja turvallisuuden parantamiseksi.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

8§

Työnantajan yleinen huolehtimisvelvoite:

Työnantaja on tarpeellisilla toimenpiteillä velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä. Tässä tarkoituksessa työnantajan on otettava huomioon työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön samoin kuin työntekijän henkilohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat. (Finlex 2014)

10§

Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi:

Työnantajan on työn ja toiminnan luonne huomioon ottaen riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava työstä, työajoista, työtilasta, muusta työympäristöstä ja työolosuhteista aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät sekä, jos niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle. (Finlex 2014)

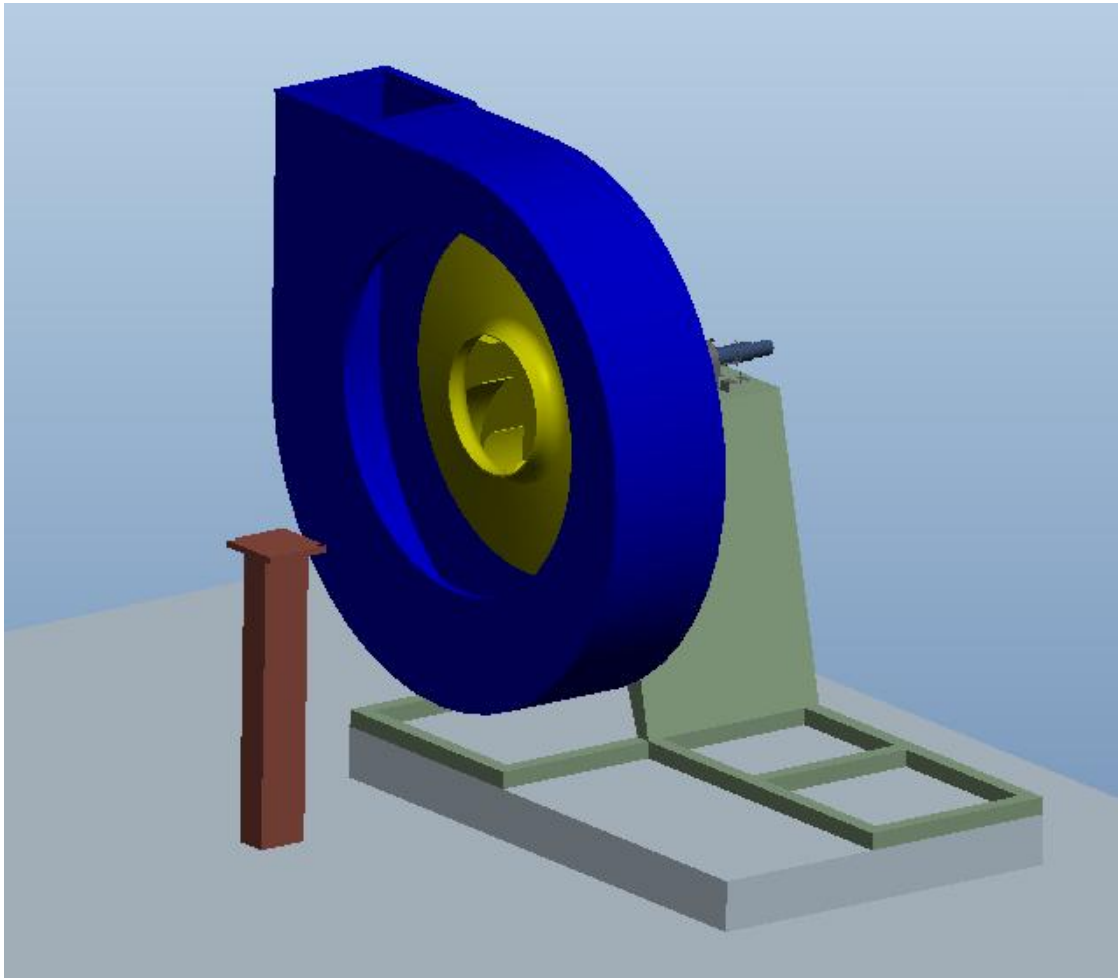
15§

Henkilösuojainten, apuvälineiden ja muiden laitteiden varaaminen käyttöön:

Työnantajan on hankittava ja annettava työntekijän käyttöön apuväline tai muu varuste, silloin kun työn luonne, työolosuhteet tai työn tarkoituksenmukainen suorittaminen sitä edellyttävät ja se on välttämätöntä tapaturman tai sairastumisen vaaran välttämiseksi. (Finlex 2014)

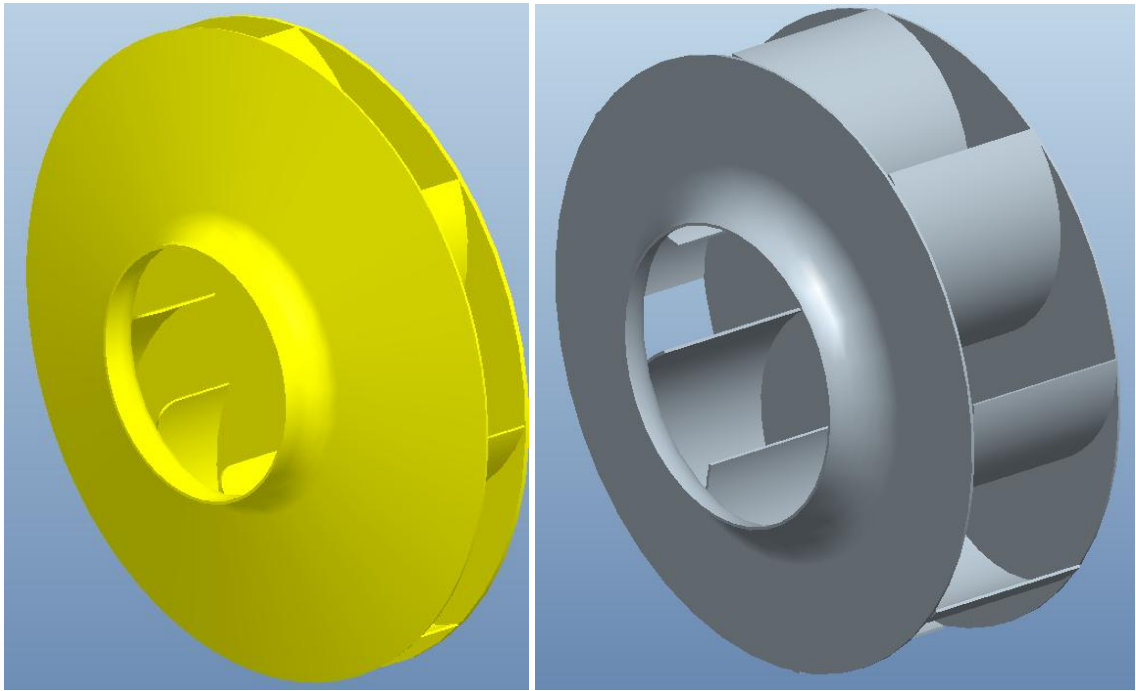
5 VAIHTOMENETELMÄN SUUNNITTELU

Kuviossa 7 on toiminnassa oleva happohöyrypuhallin. Juoksupyörän irrottamista varten on ensin poistettava puhaltimen etupuolella oleva ilmaputki sekä huuven etupuolen kanssi, jotta pyörään päästään käsiksi. Kuviossa 12 on 3D-muodossa oleva kuva tilanteesta, jossa kyseiset osat on poistettu.



KUVIO 12. Happohöyrypuhallin lähtötilanteessa etukansi irrotettuna. (Ville Myyryläinen 2013).

Tampereen Koja Oy:n prosessipuhaltimien toimialajohtaja Jukka Yli-Siurusen kanssa käydyssä puhelinkeskustelussa selvitettiin heidän käytössä olevista apuvälineistä puhallinpyörän vaihtotyön yhteydessä. Heidän puhallinvalikoimastaan ei löytynyt vastaavaa puhallinta, jonka juoksupyörä olisi syvyysmitaltaan näin lyhyt, eli noin 80mm. Koja Oy:n puhaltimien juoksupyörät ovat niin paljon syvempiä, että ne pysyvät pystyssä millä tahansa tasaisella alustalla. Kuviossa 13 on nähtävissä työn aiheena oleva juoksupyörä ja esimerkki Koja Oy:n puhaltimien juoksupyörästä.



KUVIO 13. Vasemmalla Ruukin puhaltimen juoksupyörä, jonka syvyys on noin 80mm. Oikealla Koja Oy:n prosessipuhaltimen juoksupyörän näköismalli, jonka syvyys on noin 200mm. (Ville Myyryläinen, 2013)

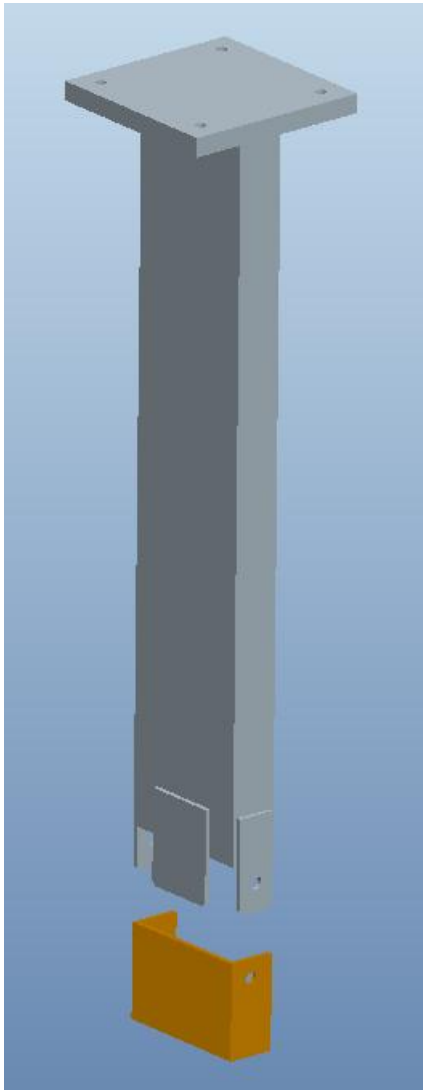
Koja Oy:n huoltohenkilöstö käyttää eräänlaisia ohjausraiteita puhallinpyörän alapuolella, jotka pitkin pyörä liu’utetaan pois huuven sisältä. Tätä keinoa ei voida käyttää työn aiheena olevan pyörän irrotuksessa, sillä pyörä on aivan liian herkkä kaatumaan johtuen nimenomaan pienestä syvyysmitastaan.

Puhaltimen huoltoluukku on halkaisijaltaan vain 50mm juoksupyörän ulkohalkaisijaa suurempi. Näin ollen pyörän sivuille tulevat kiinnitykset tai tuennat eivät ole mahdollisia tilan puutteen vuoksi. Tämänkään takia Koja Oy:n ehdottama menetelmä, tuenta alapuolelta ja liu’utus kammion sisältä ulos, ei ole mahdollinen tässä tilanteessa.

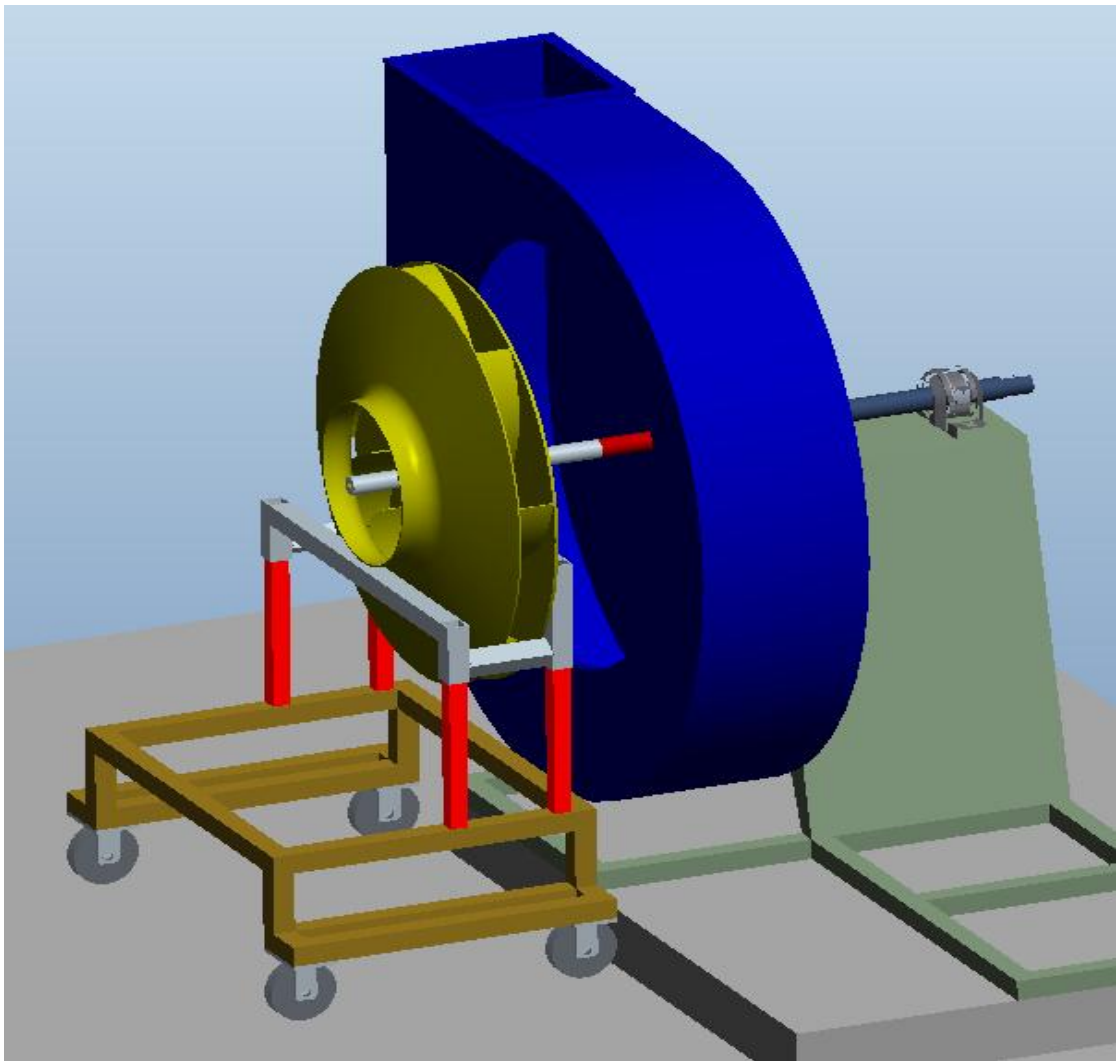
Edellä mainittujen rajoitteiden takia juoksupyörä on pakko tukea sen keskiosasta. Vaihtoehtoja tähän ovat asentaa ohjausakseli puhaltimen oman käyttöakselin päähän, tai jonkinlaista tarttumismekanismia hyväksi käyttäen tarttua juoksupyörään sen keskiosasta, jotta pyörä saadaan ohjattua ulos puhaltimen kammion sisältä.

5.1 Apulaitesuunnitelma 1

Ensimmäinen suunnitelma käyttää hyväksi kolmea eri apuvälinettä. Nämä ovat ulosve-toakseli, ohjausakseli ja vaihtoteline. Lisäksi kuviossa 12 näkyvän poistoputken tuki-tolppa muutetaan irrotettavaksi pulttiliitoksella, jolloin puhaltimen etupuoli saadaan lähes esteettömäksi. Tukitolpan piirustus on liite numero 8.



KUVIO 14. Uusi tukitolppa, joka on irrotettavissa pulttiliitos avaamalla. (Ville Myyryläinen, 2013)



KUVIO 15. Apulaitesuunnitelma 1. Ulosvetoakseli, ohjausakseli ja vaihtoteline. (Ville Myyryläinen, 2013).

Lyhyempää ulosvetoakselia käytetään kiinnijuuttunutta puhalluspyörää irrotettaessa. Akselin halkaisija on hiukan laitteen omaa akselia pienempi, jotta pyörä liukuu sen päällä helposti. Tähän akseliin on helppo tukea esimerkiksi hydraulinen tunkki ja sopivaa ulosvetoapuvälinettä apuna käyttäen painaa pyörä irti omalta akseliltaan.

Ulosvetoakselin perään ruuvataan ohjausakseli, jonka tarkoituksena on ohjata puhalluspyörä ulos puhallinkammion sisältä. Kun pyörä on saatu pois huuvan sisältä, se otetaan vaihtotelineen kyytiin. Vaihtotelineessä on vertikaalisesti liikkuva kehto, jolla juoksupyörä saadaan nostettua pois ohjausakselin päältä. Lopuksi puhallinpyörä vedetään vaihtotelineen varassa pois ohjausakselin päältä ja puhallinpyörä voidaan siirtää paikkaan, jossa sitä voidaan nostaa esimerkiksi hallinosturin avulla.

Hyvät puolet:

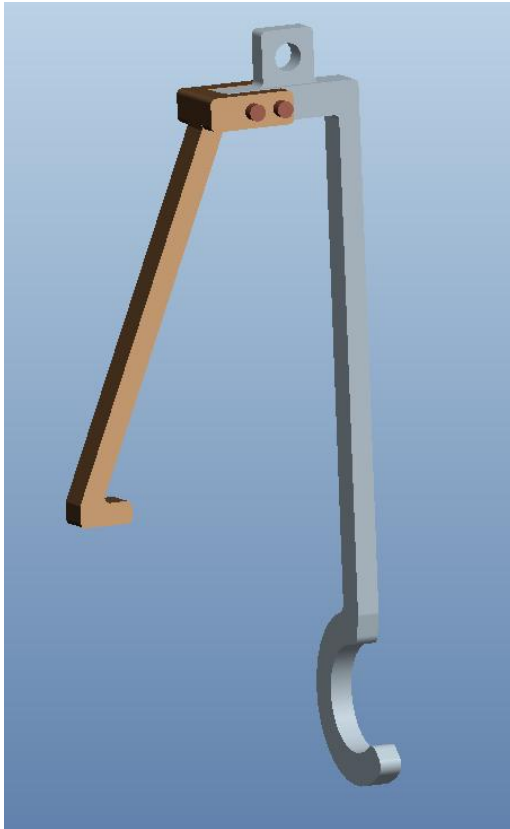
1. Melko yksinkertainen, apuvälineet voidaan valmistaa Ruukin omalla pajalla, pois lukien hydrauliset osat vaihtotelineessä.
2. Ratkaisu sopii käytettäväksi molemmille puhaltimille

Huonot puolet:

1. Juoksupyörä painaa paljon ja se sijaitsee noin metrin korkeudella. Tästä johtuen vaihtotelineen ulkomitat ovat suurehkot jotta siitä saadaan tarpeeksi tukeva.
2. Vaihtoteline on mahdollisesti vaikea liikuteltava ahtaassa välikössä josta puhaltimien luokse kuljetaan. Vaikeuttaa telineen ja juoksupyörän tuomista ja viemistä kohteeseen.

5.2 Apulaitesuunnitelma 2

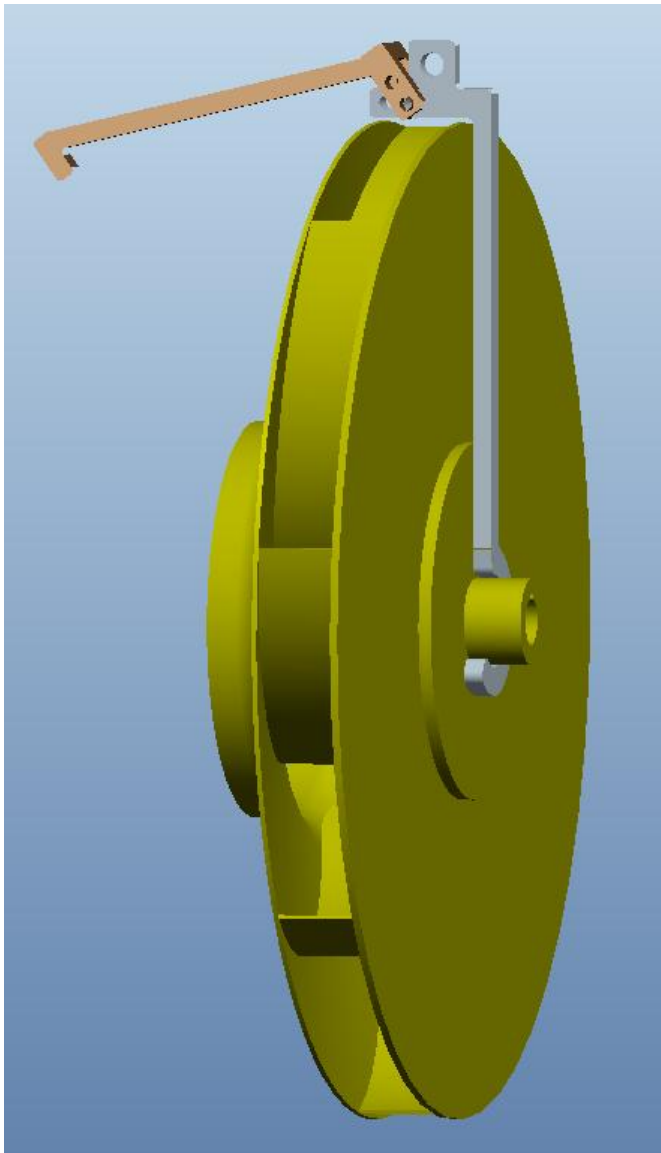
Toinen suunnitelma on nostaa puhalluspyörä nykyisellä menetelmällä eli ketjutiljalla pois puhaltimen sisältä puhaltimen yläpuolella olevasta palkista tuettuna. Tähän menetelmään suunnittelin apuvälineen, joka näkyy kuvioista 16.



KUVIO 16. Apulaitesuunnitelma 2. (Ville Myyryläinen, 2013)

Laitteen avulla puhalluspyörä on mahdollista nostaa suoraan yläpuolelta tasapainopisteen kohdalta, jolloin pyörän nosto on hallittu ja tasapainoinen. Laitteessa on saranoitu lukitussalpa etupuolella, joka estää nostolaitteen irtoamisen.

Jotta nostoväline saadaan pyörään asennettua, tulisi edelleen käyttää ohjausakselia puhaltimen käyttöakselin jatkeena. Hankaluus tässä ratkaisussa on, että ketjutiljan kiinnityspisteenä toimiva putkipalkki puhaltimien yläpuolella ei sijaitse otollisella paikalla nostotapahtumalle. Tällöin pyörän nosto tapahtuu vinonostona, jonka seurauksena taa-kan nosto ei ole hallittua. Tässä on suuri riski muun muassa sormien puristumiselle tai muun raajan tai ruumiinosan jäämiselle esimerkiksi puhallinkammion ja juoksupyörän väliin.



KUVIO 17. Apulaitesuunnitelma 2 asennettuna puhallinpyörän päälle, lukitussalpa avattuna. (Ville Myyryläinen, 2013)

Hyvät puolet:

1. Yksinkertainen, voidaan valmistaa Ruukin omalla konepajalla
2. Lukitussalvan ansiosta ei vaaraa pyörän putoamiselle

Huonot puolet:

1. Pyörän nostotapahtumassa käytettävällä ketjugaljalla ei päästä nostamaan suoraan. Vinonosto ei ole hallittua.
2. Pyörän siirrolle tarvitaan joka tapauksessa jokin alusta tai teline, jolle pyörä voidaan laskea noston jälkeen.

6 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

6.1 Sopivan ratkaisun valinta

Ruukilla käydyssä palaverissa käytiin läpi edellä mainitut kaksi vaihtoehtoa puhalluspyörän vaihtamiselle ja todettiin ratkaisun 1) olevan näistä paras. Kuljetusteline tarvitsi si joka tapauksessa tehdä myös vaihtoehdolle 2), joten hiukan telineen rakennetta muokkaamalla tehdään teline soveltuvaksi vaihtotapahtumaan. Myös kakkosvaihtoehdon vinonosto oli yksi suuri syy, miksi päädyttiin ratkaisuun 1).

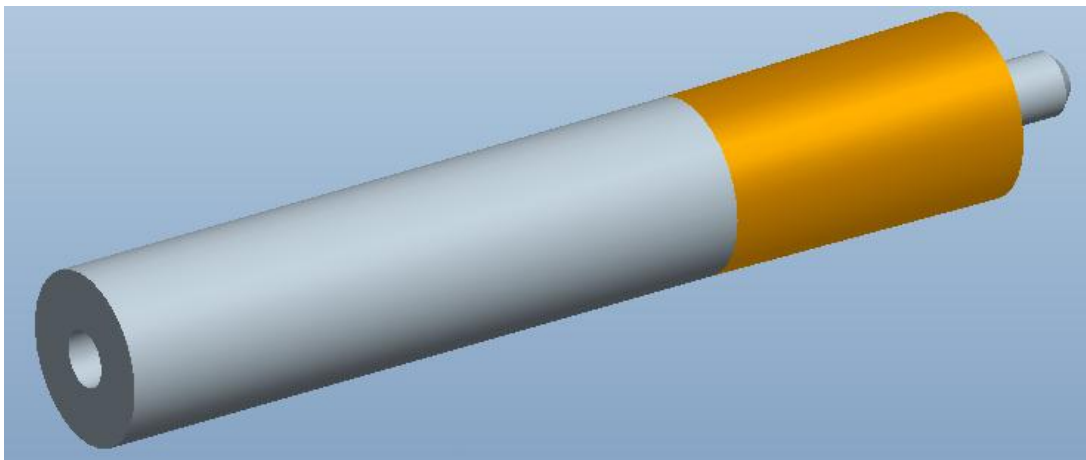
Sovittiin kolmen uuden apuvälineen suunnittelusta, joita ovat ulosvetoakseli, ohjausakseli sekä vaihtoteline.

6.2 Kehitysversio 1

6.2.1 Ulosvetoakseli

Palaverissa asentajat toivoivat ulosvetämistä helpottavaa, lyhyempää akselinpätkää ruuvattavaksi puhaltimen käyttöakselin perään. Tämän ulosvetoakselin avulla paikalleen jumittunut juoksupyörä voidaan vetää ulos sopivalla apuvälineellä irti puhaltimen käyttöakselilta.

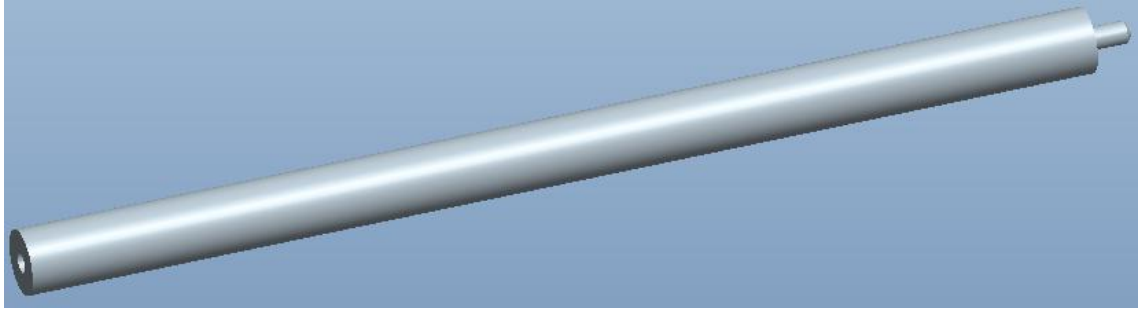
Ulosvetoakseli on puhaltimen puoleisesta päästä varustettu pienellä ohjauksella, toisin sanoen sorvattu kartioksi (kuvio 18). Tämä helpottaa pyörän paikalleen laittoa asennusvaiheessa. Loppuosa akselistä on 2mm pienempi kuin puhaltimen oman akselin halkaisija.



Kuvio 18. Ulosvetoakseli. Ruskea osa kuvastaa kartiota. (Ville Myyryläinen, 2014)

6.2.2 Ohjausakseli

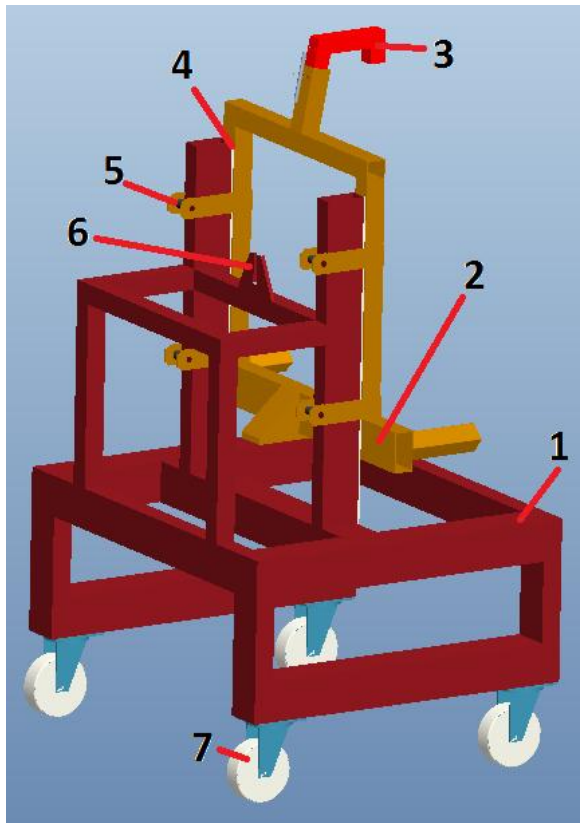
Ulosvetoakseli on 250mm pitkä ja ei siis riitä ohjaamaan juoksupyörää ulos asti puhaltimen sisältä. Tästä syystä ulosvetoakselin perään on ruuvattava 770mm pitkä ohjausakseli. Myös tämä akseli on 2mm halkaisijaltaan puhaltimen omaa akselia pienempi, jotta juoksupyörän liu'utus tapahtuu jouhevasti.



Kuvio 19. Ohjausakseli. (Ville Myyryläinen, 2014)

6.2.3 Vaihtoteline

Vaihtotelineen ensimmäinen kehitysversio voidaan nähdä kuviosta 20. Laitteen pohjarunko, kuvassa tumman punaisella värjätty osa, on putkipalkkirakenteinen ja materiaaleina on käytetty 50x50, 50x100 ja 100x100 putkipalkkia, seinämävahvuudella 3mm.



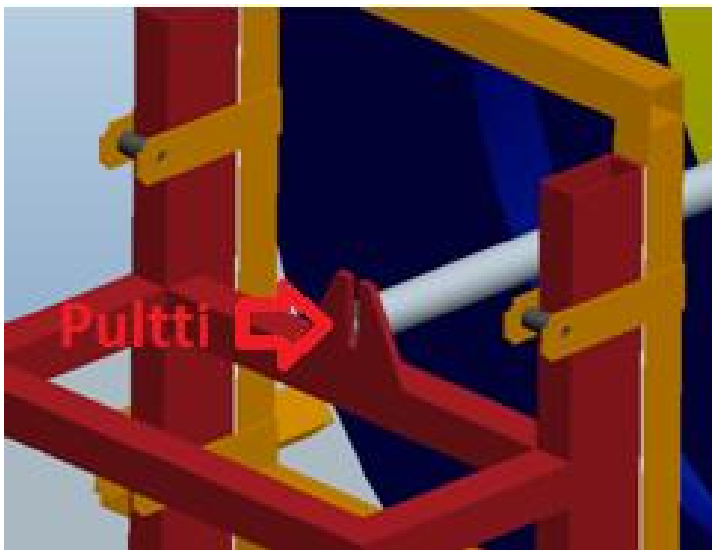
Osanumero	Osan kuvaus
1	Runko
2	Kehto
3	Lukitsin
4	Muovinen liukupala
5	Teräsrulla
6	Ohjausakselin lukitusreikä
7	Kuljetuspyörä

Kuvio 20. Vaihtotelineen kehitysversio 1. (Ville Myyryläinen, 2014)

Kuviossa 20 ruskealla kuvattu kehto-osa on myös putkipalkkirakenteinen, materiaalina käytetty 50x50 ja 50x100 putkipalkkia seinämävahvuudella 3mm.

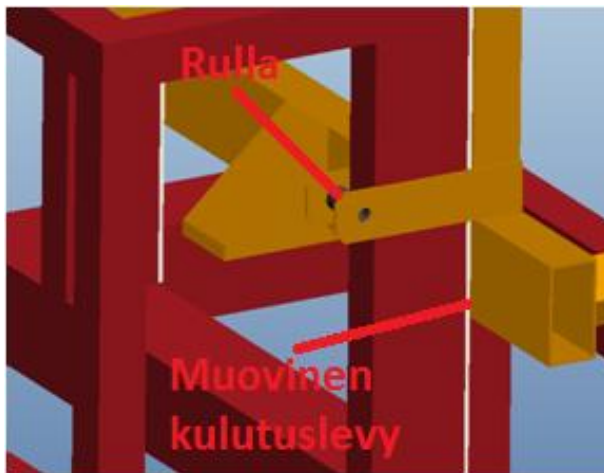
Kehdon yläosassa kirkkaan punaisella kuvattu osa on lukitsin, jolla kehtoon kiinni työnnetty juoksupyörä lukitaan paikalleen kuljetusta varten. Lukitsimen tehtävä on estää pyörän putoaminen telineen kyydistä.

Ohjausakselin lukitus vaihtotelineeseen tapahtuu yksinkertaisesti kiristämällä pultti vaihtotelineen ja ohjausakselin väliin (Kuvio 21).



Kuvio 21. Ohjausakselin kiinnitys vaihtotelineeseen. (Ville Myyryläinen, 2014)

Kehto-osan liikkuminen pystysuunnassa on mahdollistettu kehdossa olevilla neljällä teräsrullalla (kuvio 22). Lisäksi vaihtotelineen rungon etupuolelle lisätään teflonista tai muusta luistavasta muovimateriaalista olevat liuskat. Tällä liuskalla vältetään kahden metallipinnan toisiinsa koskettaminen paikassa, jossa pintojen pitää liukua toisiaan vasten.



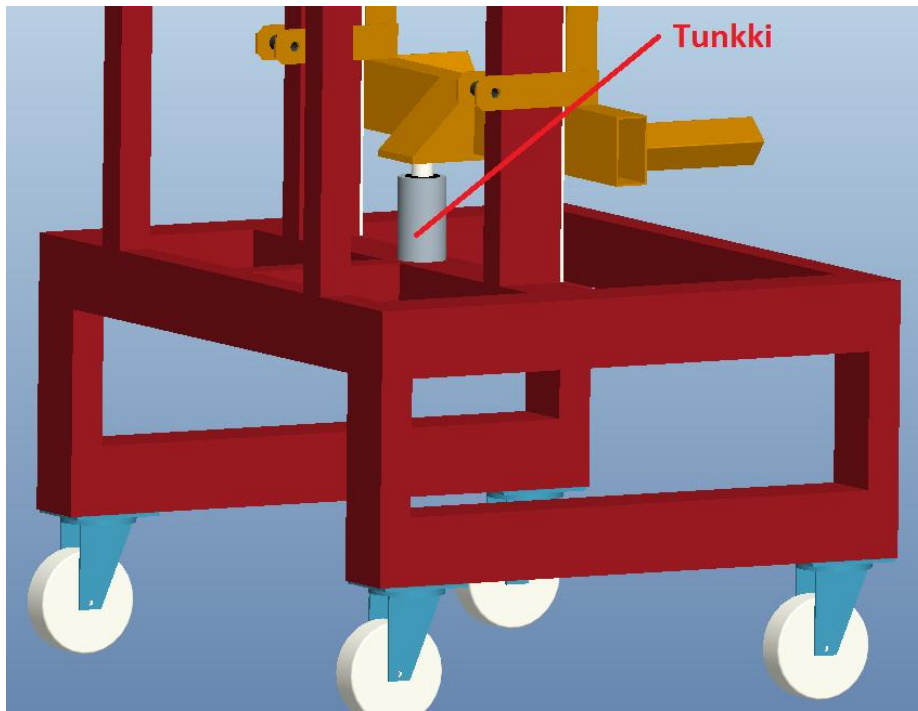
Kuvio 22. Vaihtotelineen kehdon liikkuvuuden mahdollistavat ominaisuudet. (Ville Myyryläinen, 2014)

Kehdon pystysuuntainen liike on tarkoitus saada aikaan hydraulisella pullotunkilla ja käsipumpulla, joita Ruukin työkaluvarastossa on useita eri kokoja ja malleja (kuvio 23). Tunkki sijoitetaan sille varatulle paikalle laitteen rungon ja kehdon väliin (kuvio 24).



Kuvio 23. Esimerkki huoltohenkilöstön käyttämästä hydraulisesta tunkkijärjestelmästä. Kuvassa hydraulinen pullotunkki ja käsipumppu, valmistaja Power Team.

(http://www.ulbrich-group.com/hydraulic-and-other-tools/RPS_CYLINDER_AND_PUMP_SET_th8.jpg, luettu 10.4.2014)



Kuvio 24. Tunkin sijainti vaihtotelineessä. (Ville Myyryläinen, 2014)

Vaihtotelineen pyöriä valittaessa piti ottaa muutamia asioita huomioon puhaltimien ympäristöstä. Puhaltimen etupuolella oleva lattia ei ole tasainen, sillä se sisältää useiden valukertojen aiheuttamia saumakohtia. Lisäksi lattiassa olevia aukkoja suojaa metalliset peitelevyt joiden reunat ovat lattiapinnan yläpuolella.

Tästä syystä telineen pyörien tulee olla halkaisijaltaan suuret, jotta esteiden ylitys sujuu helpommin. Kehitysversion 1 käytin halkaisijaltaan 150mm pyöriä, joista kaikki olivat ympäripyöriä.

6.2.4 Kehitysversion 1 toiminnan tutkiminen

Vaihtomenetelmää tarkemmin tutkiessa havaittiin yksi uusi ja melko kriittinen ongelma koko vaihtomenetelmälle. Kuviossa 25 nähtävä puhaltimen poistoputken ylempi putki sijaitsee liian alhaalla, toisin sanoen huoltoluukun edessä ja näin ollen estää ehdotetun menetelmän käytön.

Ongelman ratkaisuksi ainoa keino on joko irrottaa koko putken ylempi osa, tai muuttaa putken laippaliitoksen paikkaa. Koko putken irrotuksessa ongelmana on liitoksen korkea sijainti. Tämän johdosta putkea ei voida irrottaa ilman lisätelineitä tai tukia. Laippaliitoksen siirtäminen taas aiheuttaa muutoksia itse putkistoon.



Kuvio 25. Poistoputken ylempi putki jää puhaltimen huoltoluukun eteen. (Ville Myyryläinen, 2013)



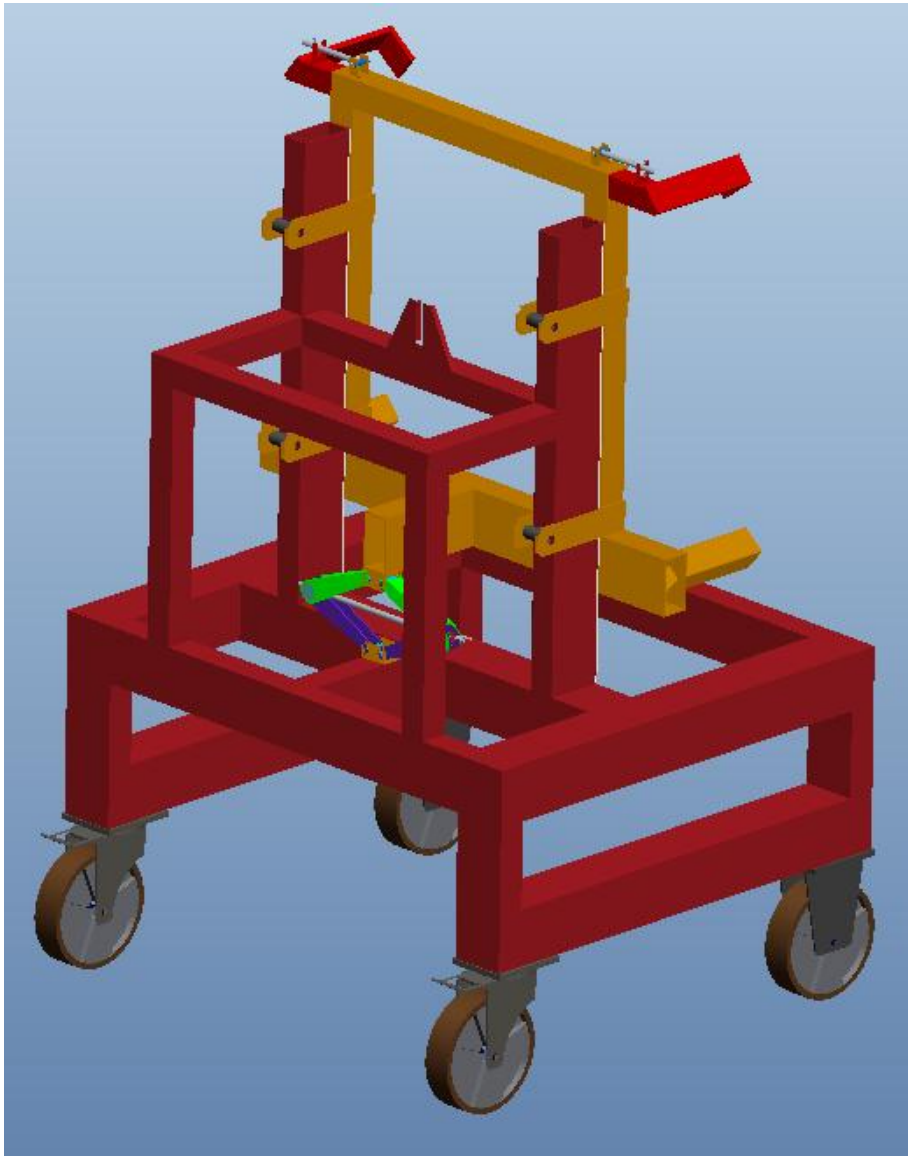
Kuvio 26. Laippaliitoksen sijainti puhaltimen ollessa kasattuna. (Ville Myyryläinen, 2013)

6.3 Kehitysversio 2

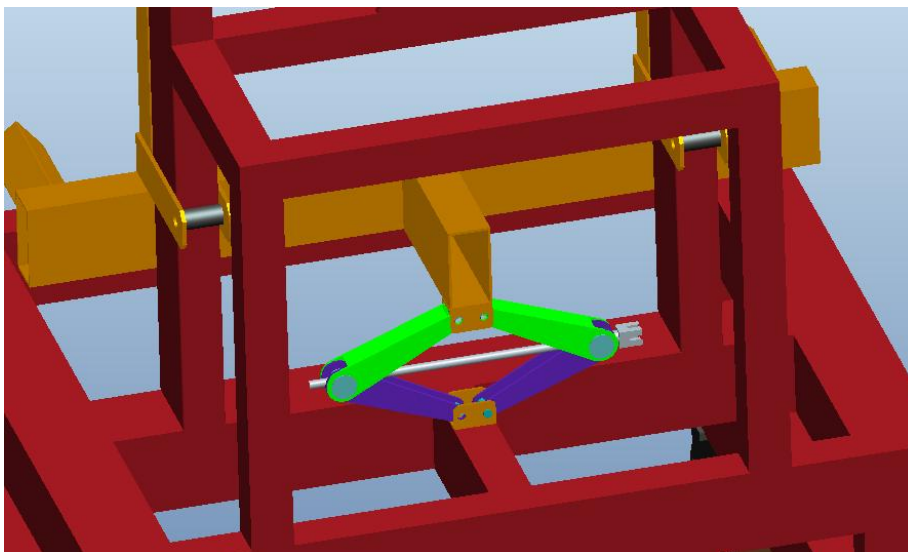
Kehitysversio 1 käytiin huoltohenkilöstön kanssa läpi ja todettiin menetelmä hyväksi ja toimivaksi. Asentajat kiittelivät työkalujen yksinkertaisuutta ja arvioivat työkalujen tulevan hyvin todennäköisesti käyttöön kyseisessä työssä. Tapaamisessa tuli ilmi muutamia kehitysideoita, joista seuraavat päätettiin lisätä ennen lopullisten valmistuspiirustusten ja huolto-ohjeen tekoa.

- 1) Kuljetuspyörien halkaisija kasvatetaan 200mm:iin. Tämän avulla saadaan parempi esteiden ylittyvyyskyky telineelle.
- 2) Etummaiset kuljetuspyörät vaihdetaan ympäripyöriviin, takana olevat kiinteisiin. Telineen käyttöympäristön haastavuuden vuoksi pyörien tyyppi vaihdetaan asetta järeämpään, tavoitteena maksimoida pyörien kestoikä.
- 3) Juoksupyörän lukitusmekanismia muokataan siten, että nykyinen yläpuolella oleva lukitushaka poistetaan ja kehdon molemmille sivuille lisätään vastaavan tyyppiset hakaset, jotka tukevat juoksupyörää telineen siirron ajan. Näin lukitsin ei enää ole suoraan juoksupyörän yläpuolella, jolloin pyörä on helpompi nostaa telineestä pois.
- 4) Hydraulinen tunkkinosto vaihdetaan autoteollisuudesta tuttuun haitaritunkkiversioon. Mekaaninen tunkki on huoltovapaampi ja voidaan asentaa kiinteästi vaihtotelineeseen. Tunkki tulee olemaan kaupallinen osa, jota ei tarvitse työn yhteydessä suunnitella.
- 5) Menetelmässä tiellä ollut puhaltimen poistoputken laippaliitos muokataan. Tästä tulee tehdä valmistuspiirustus, jotta Ruukki voi toimittaa putket alihankkijalle muokattavaksi.

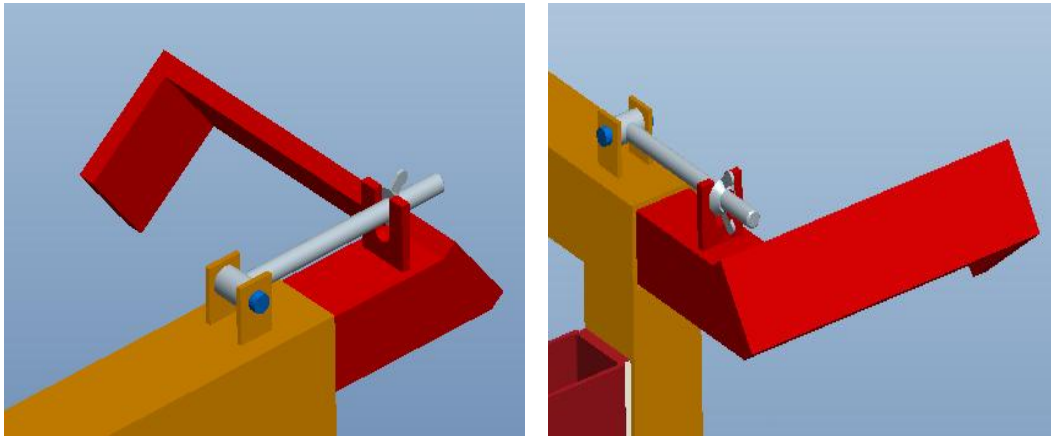
Kuvioissa 27–30 on nähtävissä vaihtotelineen viimeinen muoto. Tarkat piirustukset sijaitsevat liiteosiossa liitteissä 3-7. Poistoputken lyhennyksen takia joudutaan tekemään 200mm pitkä väliosa poistoputkien väliin. Tämän avulla poistoputki ei enää tule huoltoaukon eteen jolloin juoksupyörän poistamiselle saadaan tarpeeksi tilaa. Väliosa on nähtävissä kuvioista 33 ja 34. Väliosan piirustus löytyy liitteestä 9.



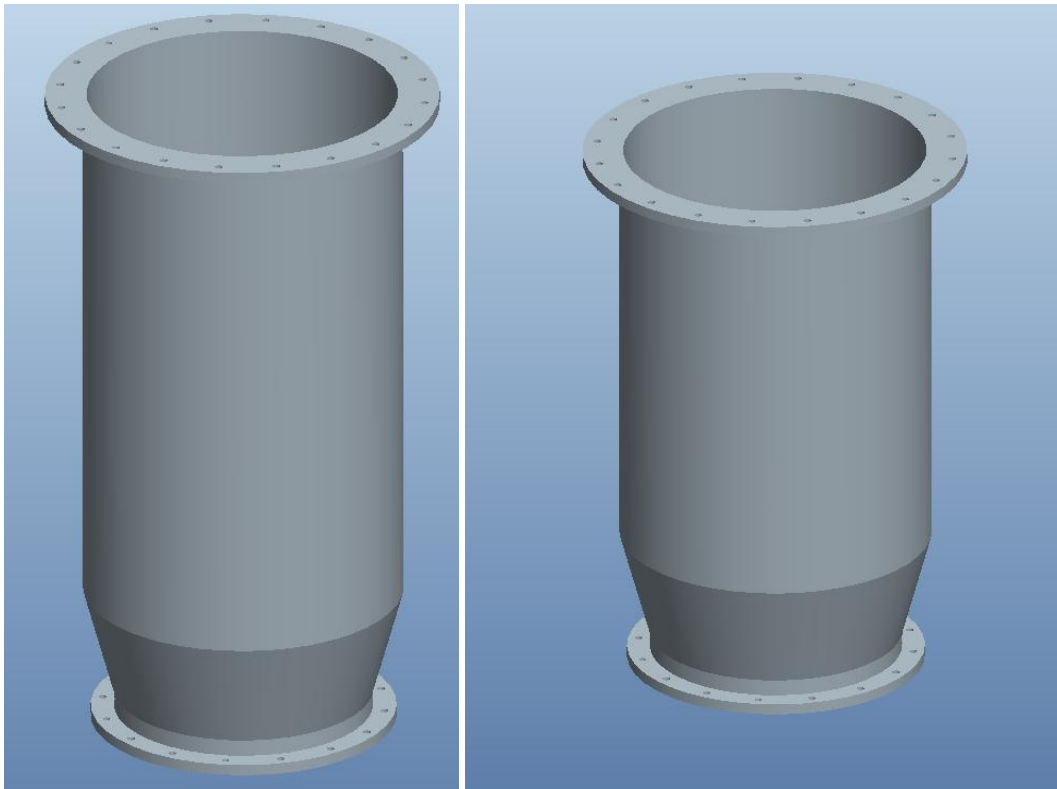
KUVIO 27. Kehitysversio 2 vaihtotelineestä. (Ville Myyryläinen, 2014)



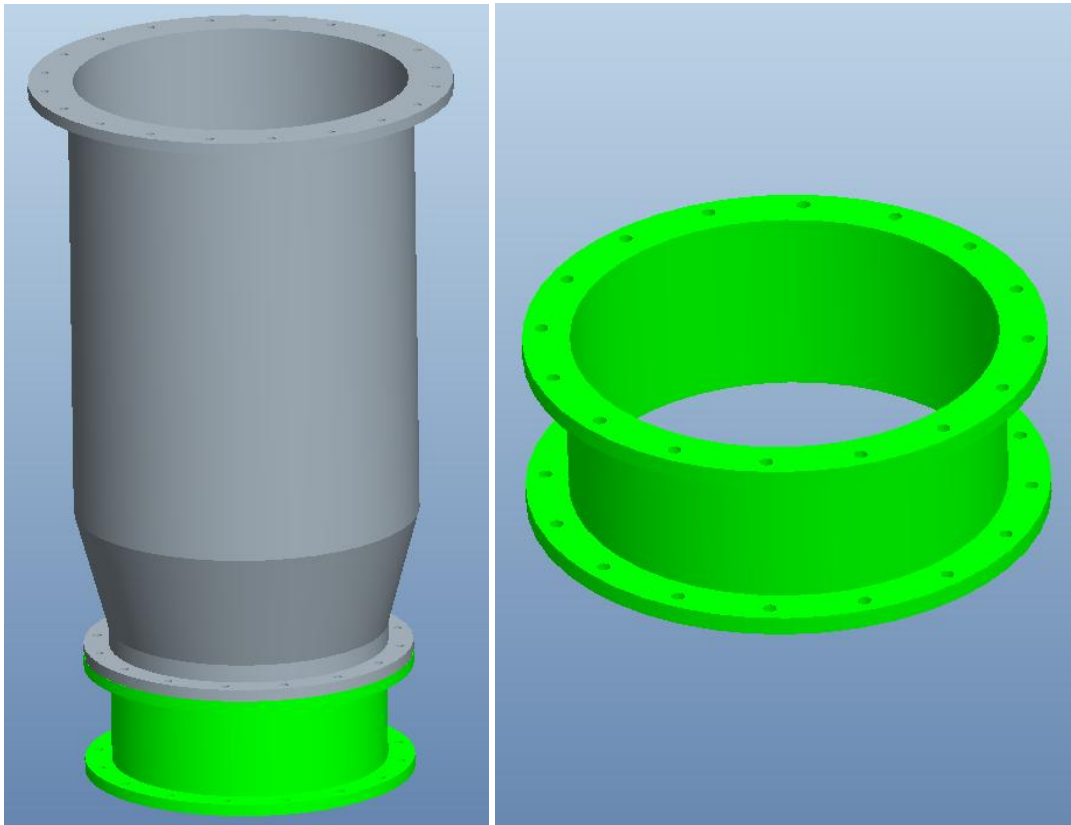
KUVIO 28. Kehdon pystysuuntaisen liikkeen mahdollistava haitaritunkki. (Ville Myyryläinen, 2014)



KUVIO 29 JA 30. Uusi lukitushaka juoksupyörän lukitsemiseen kuljetusta varten. (Ville Myyryläinen, 2014)



KUVIO 31 JA 32. Vasemmalla poistoputki ennen lyhennystä ja oikealla 200mm lyhyempänä. (Ville Myyryläinen, 2014)



KUVIO 33 JA 34. Jatkopala putkiliitoksen väliin, kuvassa vihreä osa. (Ville Myyryläinen, 2014)⁵⁶

SPLM, SPLP KIINTOPYÖRÄ, NELIKULMALAATTA											
ALV/K alumiinikeskiö + valu-uretaanirengas.											
Tuotenumero	Nimike								Sh	A	
600111	SPLM-80 ALV/K L	80	40	127	105 x 85	80/76x60/55	8	•	250	95	0,92
600150	SPLP-100 ALV/K L	100	40	138	105 x 85	80/76x60/55	8	•	280	95	1,13
600151	SPLP-125 ALV/K L	125	30	164	135 x 110	105/96x80/56	10	•	250	95	1,33
600152	SPLP-150 ALV/K L	150	40	195	135 x 110	105/96x80/56	10	•	400	95	1,85
600115	SPLP-200 ALV/K L	200	50	250	135 x 110	105x80/75	12	•	850	95	3,28
600116	SPLP-250 ALV/K L	250	60	305	135 x 110	105x80/75	12	•	800	95	4,84



147



146

KUVIO 35 JA 36. Kuljetuspyörät. Edessä ovat jarrulliset, ympäripyörivät 200mm:set pyörät. Takana samankokoiset mutta kiinteät pyörät. (Etra, Internet luettelo, tuotteet.etra.fi, luettu 23.4.2014)

7 LUJUUSTARKASTELU

7.1 Lujuustarkastelun alkunäkökohdat

Alustava lujuustarkastelu suoritettiin vaihtotapahtumassa käytettävillä uusille apuvälineille, jotka kohtaavat suurimpia jännityksiä ja kuormia. Tämän myötä voidaan todeta suunnitelman järkevyys ja toteuttamiskelpoisuus. Tavoitteena oli myös saada suuntaa siitä, missä kohdin materiaalia muodostuu korkeita jännityksiä.

Tarkastelu suoritettiin Pro Engineer 5-mallinnusohjelman Mechanics – moduulilla. Mechanics-moduulin jännityslaskenta perustuu Von Misesin yhdistetyn jännityksen hypoteesiin, jossa lasketaan yhteen normaali-jännitykset ja leikkausjännitykset.

$$\sigma_{vert} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_z - \sigma_x\sigma_z + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}$$

σ = normaali-jännitys

τ = leikkausjännitys

(Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räisänen, Saikkonen, Suoranta 1992, 309).

Juoksupyörän massa muodostuu sen teräsosista ja kumioinnista. Teräsosien osuus on noin 107 kg ja kumioinnin osuus noin 16 kg (Mikko Esko, Teknikum). Laskennassa käytetty pyörän paino pyöristettiin ylöspäin arvoon 130 kg.

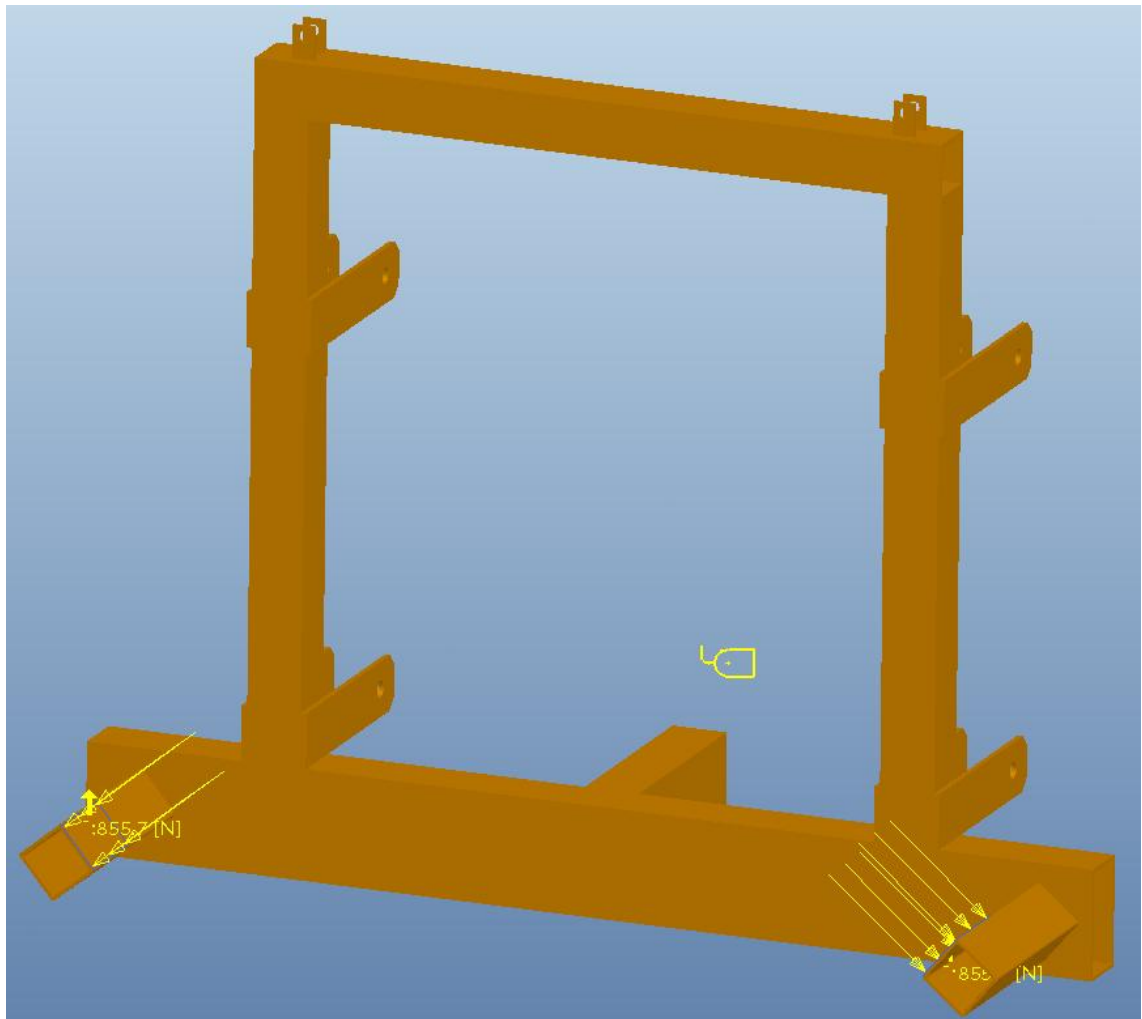
Kaikki apuvälineiden teräosat on valmistettu S235 rakenneteräksestä, jonka vähimmäismyötölujuus on 235 N/mm² (Tekniikan taulukkokirja, Esko Valtanen, s 1134).

7.2 Vaihtoteline

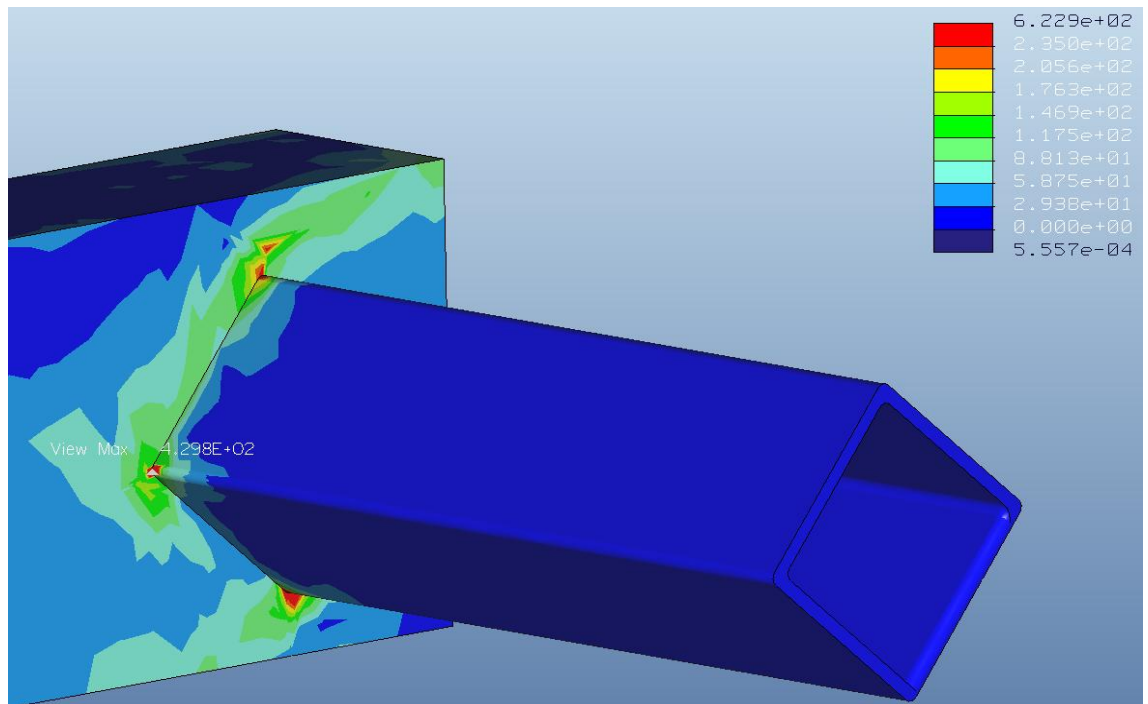
Lujuuslaskennallisesti tärkein osa vaihtotelineessä on kehto, joka kannattelee juoksupyörän massaa. Kehtoa on tarkasteltu yhtenäisenä osana ja materiaalina. Tällöin putkipalkkien liitoksissa ei ole pyöristäviä hitsiliitoksia, mikä helpottaa tietokonelaskentaa, mutta aiheuttaa toisaalta suuremmat jännitykset näihin liitoskohtiin.

Kuviossa 37 nähdään alue, johon juoksupyörän massa välittyy kehdossa. Kuviossa 38 nähdään, että suurimmat jännitykset aiheutuvat juoksupyörää kannattelevan putkipalkin liitoskohdan nurkkiin.

Suurimmat jännitykset ovat jopa 622 MPa, joka ylittää S235 teräksen maksimiarvon, 235MPa, moninkertaisesti. (Tekniikan taulukkokirja, s.484) Kuvasta voidaan kuitenkin nähdä, että tämän arvon ylittävä alue on hyvin pieni, joten se ei näin ollen aiheuta ongelmia kestävyys suhteen. Keskimäärin jännitykset ovat sauman kohdalla noin 88–120 MPa. Näin ollen voidaan todeta ratkaisun toimivan ja kestävästi asetettujen kuormitukset.



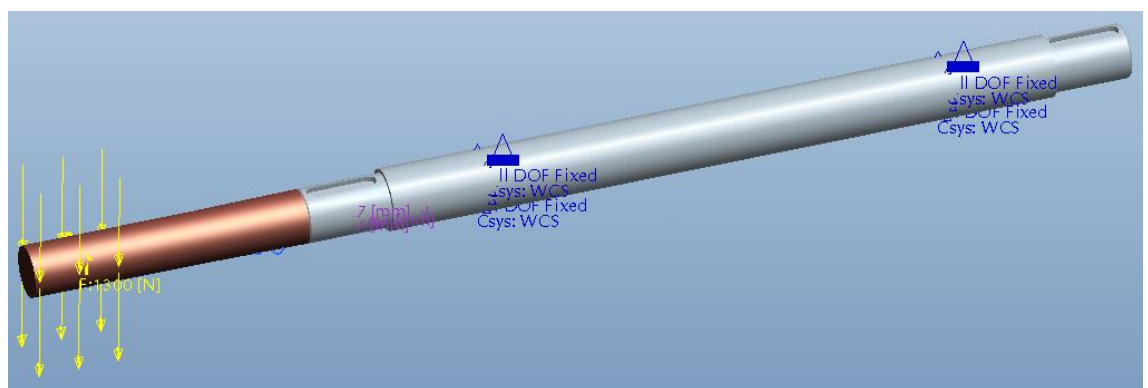
KUVIO 37. Juoksupyörän massan kohdistuminen vaihtotelineen kehdon kannattimiin.
(Ville Myyryläinen, 2014)



KUVIO 38. Kehtoon muodostuneet jännitykset. (Ville Myyryläinen, 2014)

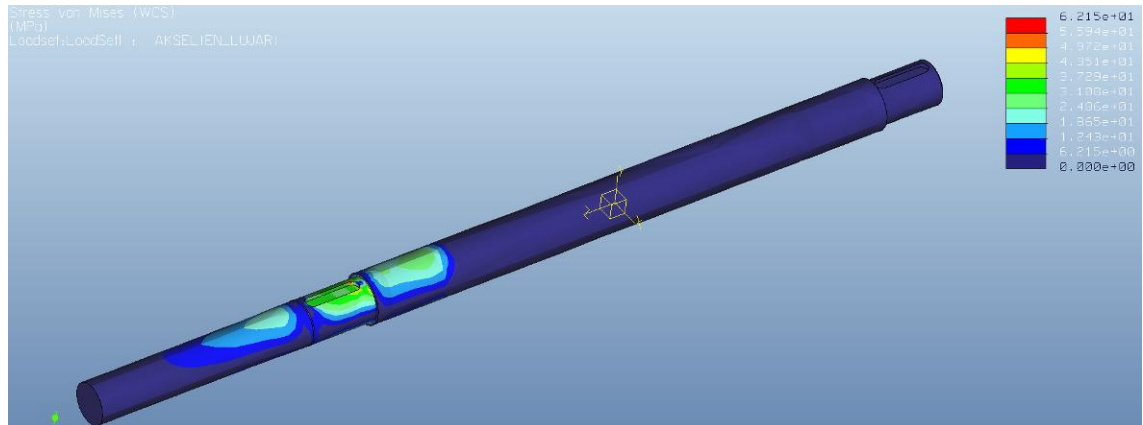
7.3 Ulosveto- ja ohjausakselin lujuustarkastelu

Ulosvetoakseli kiinnitetään kiertämällä puhaltimen käyttöakselin päässä sijaitsevaan M16 lukitusruuvien kierteseen. Ulosvetoakselille suoritettiin lujuustarkastelu pahimassa mahdollisessa tilanteessa, jolloin puhaltimen juoksupyörä makaa ulosvetoakselin päässä. Tämä tilanne on nähtävissä kuviosta 39.



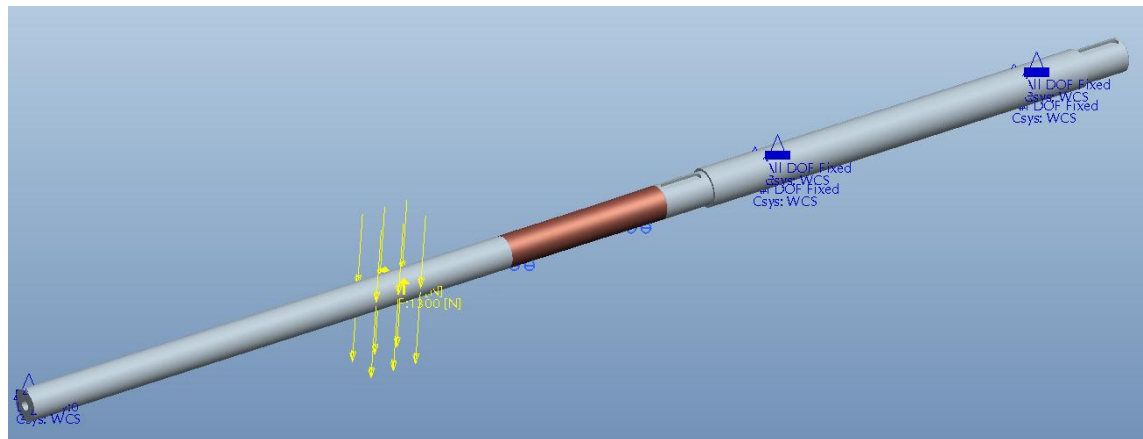
KUVIO 39. Ulosvetoakseli kiinnitettynä puhaltimen käyttöakseliin. Kuvassa nähtävissä voimat, jotka vaikuttavat kokoonpanoon juoksupyörän ollessa ulosvetoakselin päässä. (Ville Myyryläinen, 2014)

Suurimmat jännitykset akseleiden liitoskohdassa olivat noin 62MPa. Arvo alittaa reilusti S235 teräksen maksimi arvon, 235 MPa. Jännitykset ovat nähtävissä kuvioista 40.

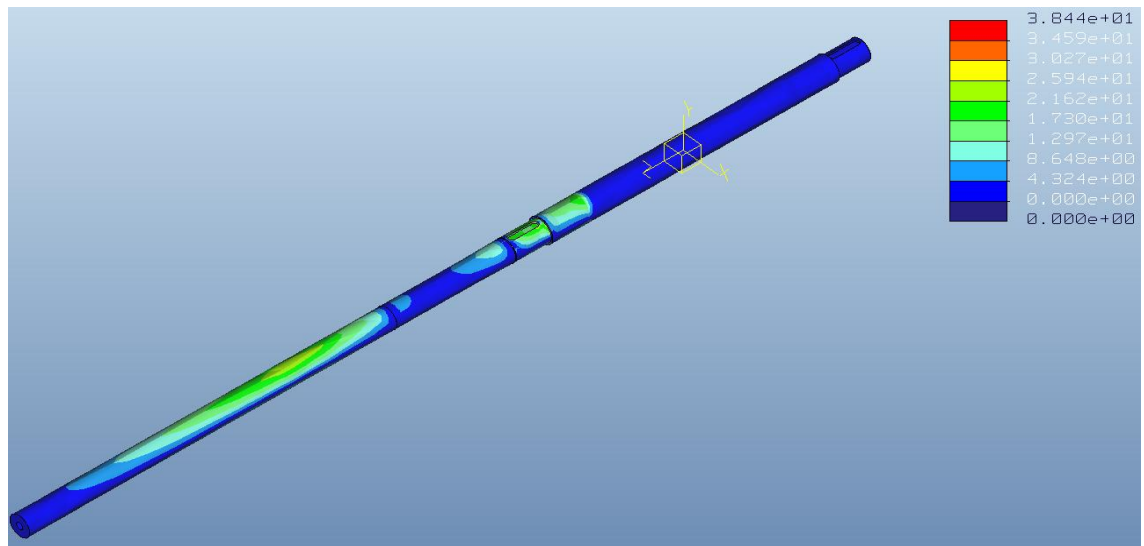


KUVIO 40. Kokoonpanoon muodostuneet jännitykset. (Ville Myyryläinen, 2014)

Ohjausakselin lujuutta tarkasteltiin kokoonpanona, jossa ulosveto- ja ohjausakseli on ruuvattu puhaltimen käyttöakseliin kiinni. Koska suurimmat voimat ja jännitykset aiheutuvat juoksupyörän massan ollessa sijoittuneena koko akselikokoonpanon tukipisteiden keskikohdalle, tarkasteltiin jännityksiä juuri tässä kyseisessä tilanteessa. Tilanne on nähtävissä kuvioista 41.



KUVIO 41. Keltaiset nuolet osoittavat juoksupyörän massan kohdistumista, siniset tukipisteitä. (Ville Myyryläinen, 2014)



KUVIO 42. Jännitykset ohjausakselin ja ulosvetoakselin kanssa. Maksimiarvo on noin 38 MPa. (Ville Myyryläinen, 2014)

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työ lähti liikkeelle tilanteesta, jossa mekaanisen laitteen huoltotoimenpiteessä, tässä tapauksessa prosessipuhaltimen juoksupyörän vaihtotyössä, oli havaittua ongelmia ja vaikeuksia, joihin vaadittiin kehittämistä. Tilanteessa havaittiin useita työtatapaturmariskejä, kuten sormien puristumisvaaraa ja hallitsematonta taakan nostoa. Lisäksi työn suorittaminen koettiin haastavaksi, koska tarkoitukseen sopivia työkaluja eikä työohjeistusta ei ollut.

Työn eteneminen oli alkuun hyvin hidasta, koin itse työn ajoittain jopa liiankin laajaksi johtuen työn kehittämisen haasteellisuudesta. Puhaltimen ympäristön ahtaus, puhaltimien keskinäiset korkeuserot, vaihtolaitteen suunnittelu tyhjästä, vaihtolaitteen toiminta ja yksinkertaisena pitäminen olivat asioita, jotka tuottivat paljon päänsärkyä. Ongelmat saatiin kuitenkin ratkaistua ja mielestäni työtehtävään saatiin onnistunut ja toimiva ratkaisu.

Työn etenemistä käytiin läpi Ruukin tiloissa huoltohenkilökunnan kanssa, jotka olivat hyvin asiaan suhtautuvia ja halusivat osallistua laitteen suunnitteluun ja työtapahtuman kehittämiseen. Kun vaihtotelineen lopullinen suunnitelma saatiin jäädytettyä, työn eteneminen oli suhteellisen nopeaa. Lujuustarkasteluissa ei ilmennyt suuria haasteita tai vaikeuksia, tosin laite oli tarkoituksella tehty alun alkaen hiukan liiankin jykeväksi.

Lopullisten apuvälineiden ja työvaiheiden esittäminen keväällä 2014 Ruukilla sai hyvän palautteen huoltohenkilöstöltä ja heidän mielestään laite on toimiva ja tulee varmasti auttamaan huoltotoimenpiteen suorittamista. Apuvälineet olivat sopivan yksinkertaisia, suhteellisen halpoja ja suurimmaksi osaksi mahdollisia valmistaa Ruukin omalla konepajalla.

Työn ensisijainen tavoite oli mahdollistaa työn suorittaminen turvallisemmin. Mielestäni tähän tavoitteeseen päästiin ja samalla työtehtävää nopeutettiin ja yksinkertaistettiin.

LÄHTEET

Finlex. Työturvallisuuslaki. Viitattu 6.5.2014.

[http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search\[type\]=pika&search\[pika\]=laki%20ty%C3%B6turvallisuudesta](http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search[type]=pika&search[pika]=laki%20ty%C3%B6turvallisuudesta)

Rautaruukki Oyj. 2012. [www-sivu]. Luettu 4.4.2012.

<http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Historia>

Rautaruukki Oyj intranet. Sisäinen materiaali. 2012. Ruukin yleisesittely. Luettu 2.5.2012.

Rautaruukki Oyj intranet. Sisäinen materiaali. 2011. Hämeenlinnan tehdas 09-2011. Luettu 3.5.2012.

Lujuusoppi. Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen, Suoranta. 1992. Helsinki: Otatieto.

Tekniikan Taulukkokirja, Esko Valtanen, painos 17, 2009.

Etra, Internet luettelo, tuotteet.etra.fi, luettu 23.4.2014

Haastattelut:

Kesälahti, J. Koneinsinööri. Rautaruukki Oy Hämeenlinna. Sähköpostihaastattelu kevät 2013. Haastattelija Myyryläinen, V.

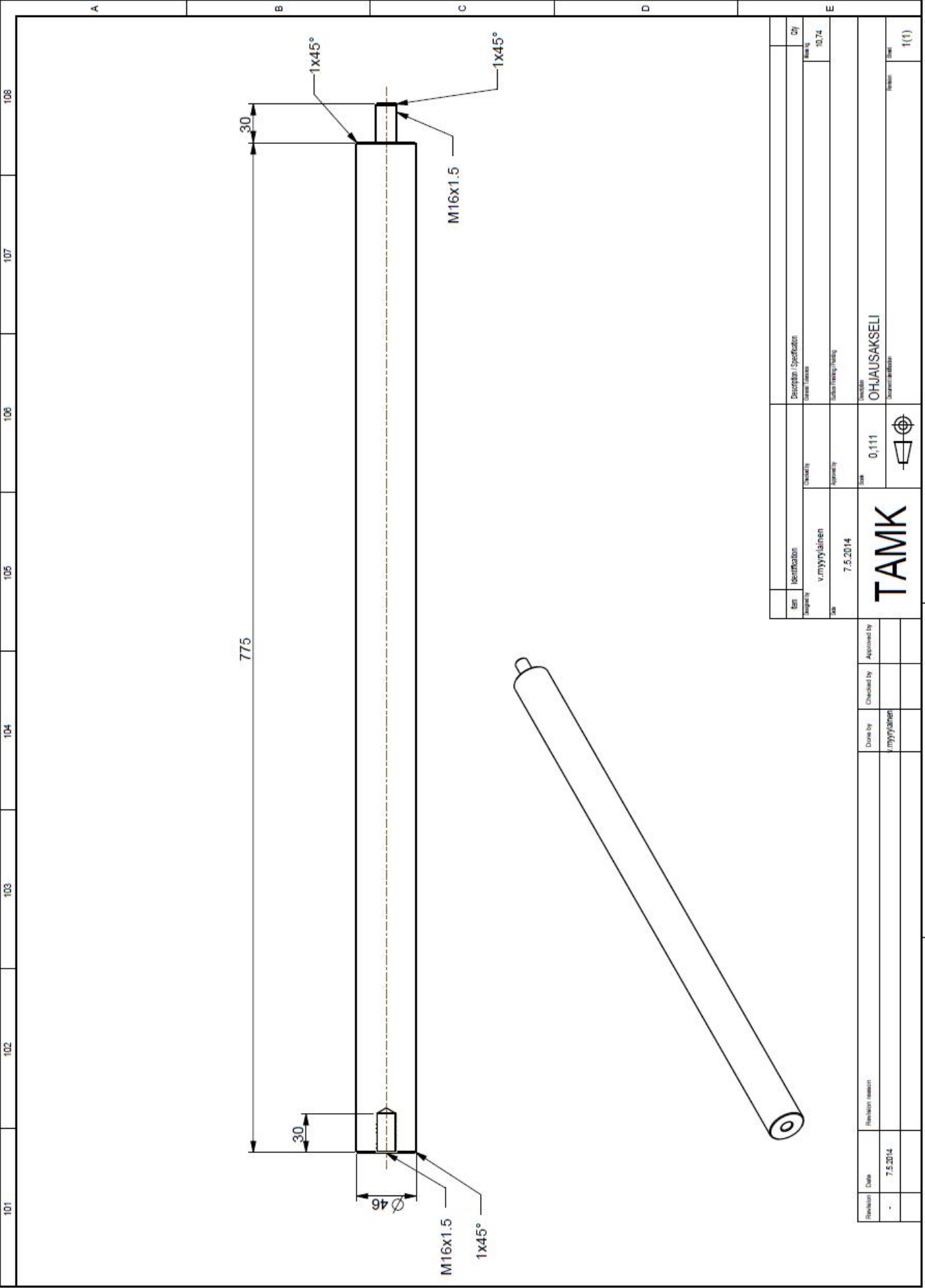
Ylisiurunen, J. Toimialajohtaja, prosessipuhaltimet, Koja Oy Tampere. Puhelinhaastattelu, kevät 2013. Haastattelija Myyryläinen, V.

Timo Leho, Kunnossapitopäällikkö, Ruukki Metals Oy Hämeenlinna. 2013-2014.

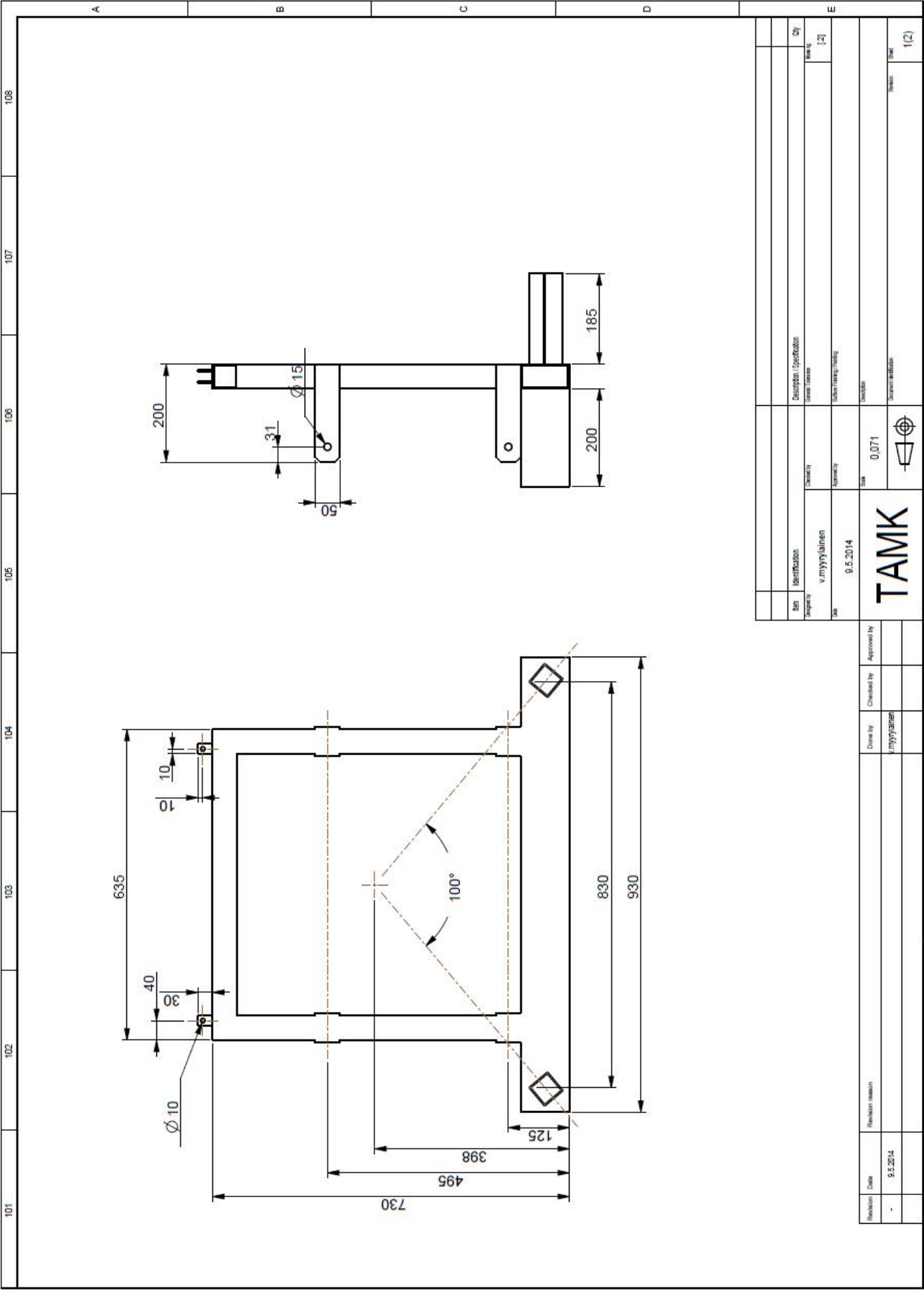
Mikko Esko, Teknikum Oy. Sähköpostihaastattelu. Kevät 2014.

Minna Sundman, Ruukki Oyj. Sähköpostihaastattelu. Kevät 2014.

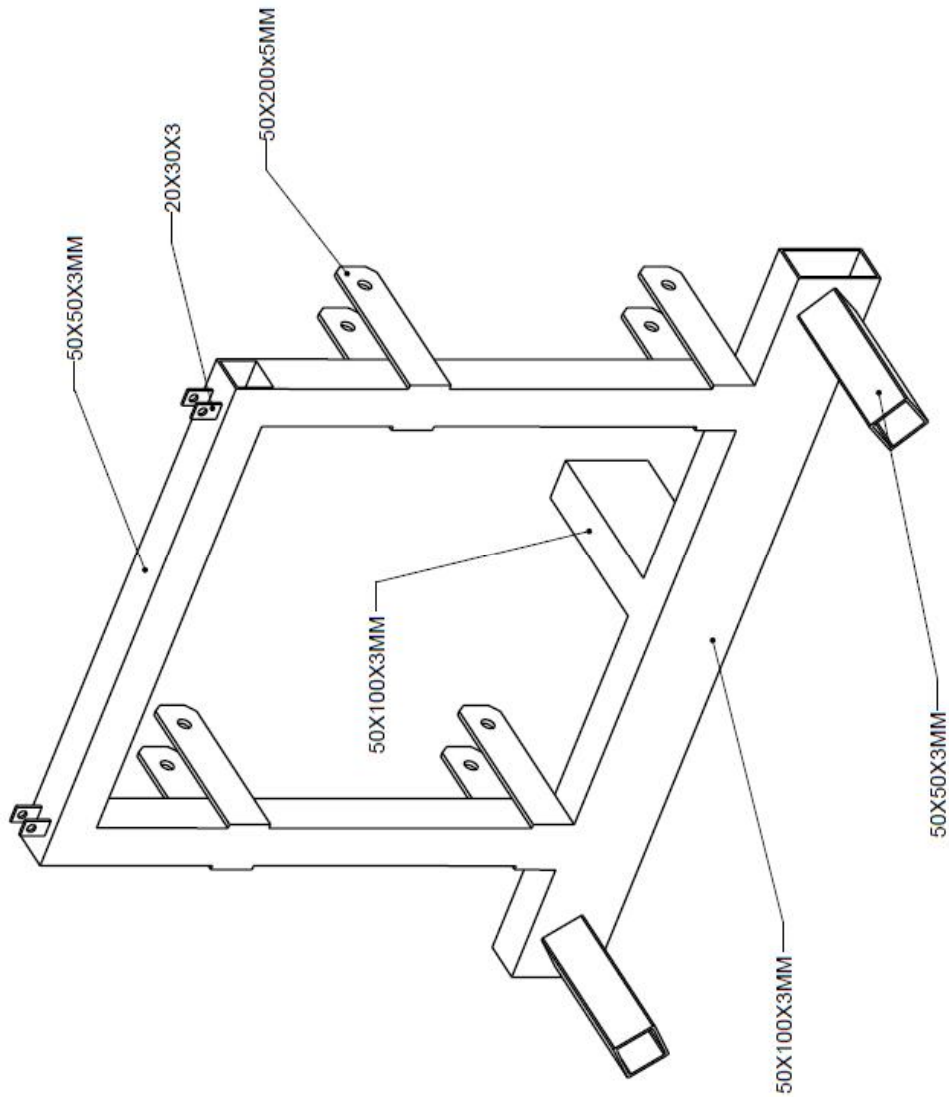
Liite 2. Ohjausakselin piirustus



Liite 3. Kehdon piirustus (Sivu 1)




Liite 3. Kehdon piirustus (Sivu 2)

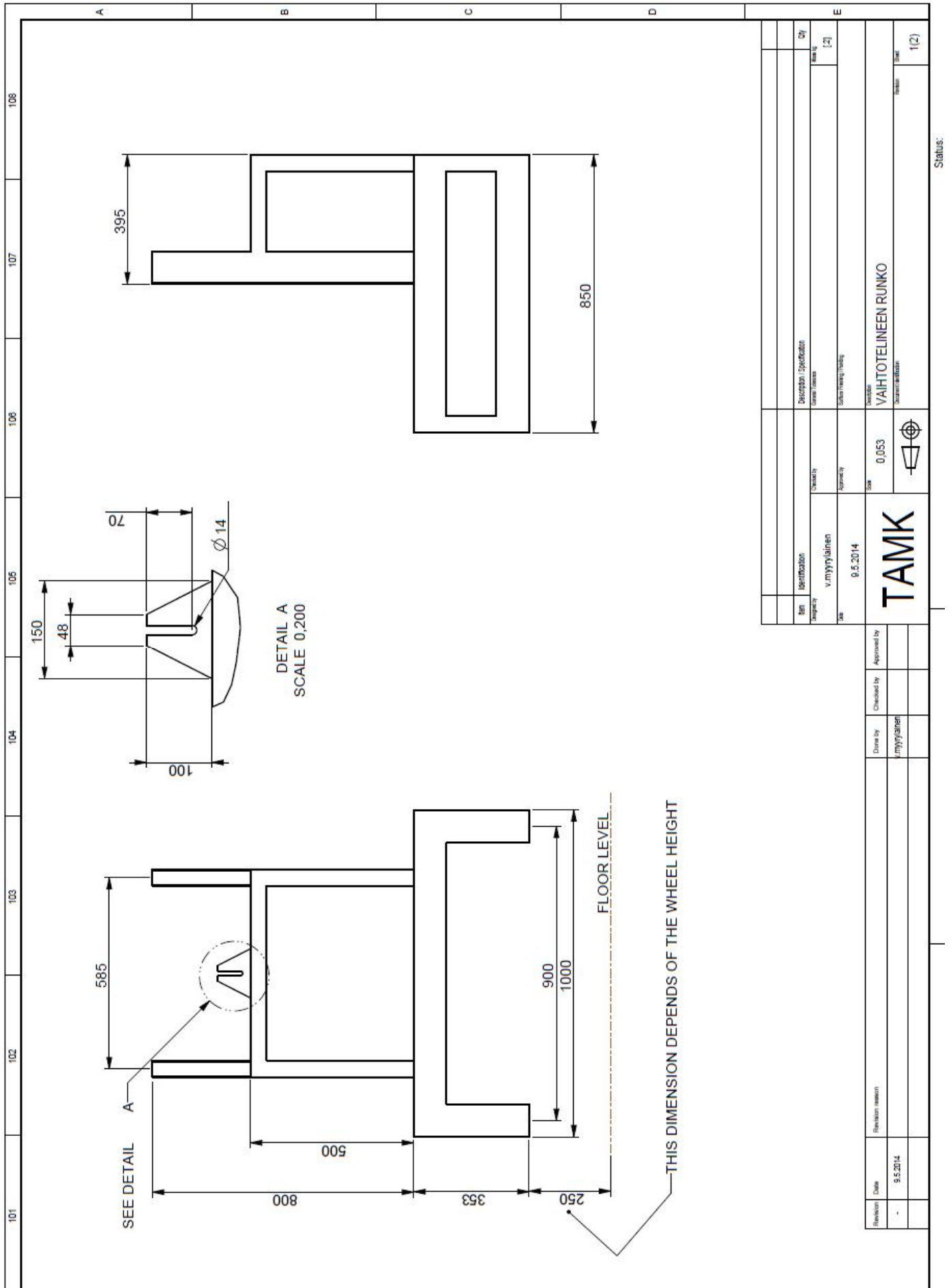


MATERIAL: STEEL S235

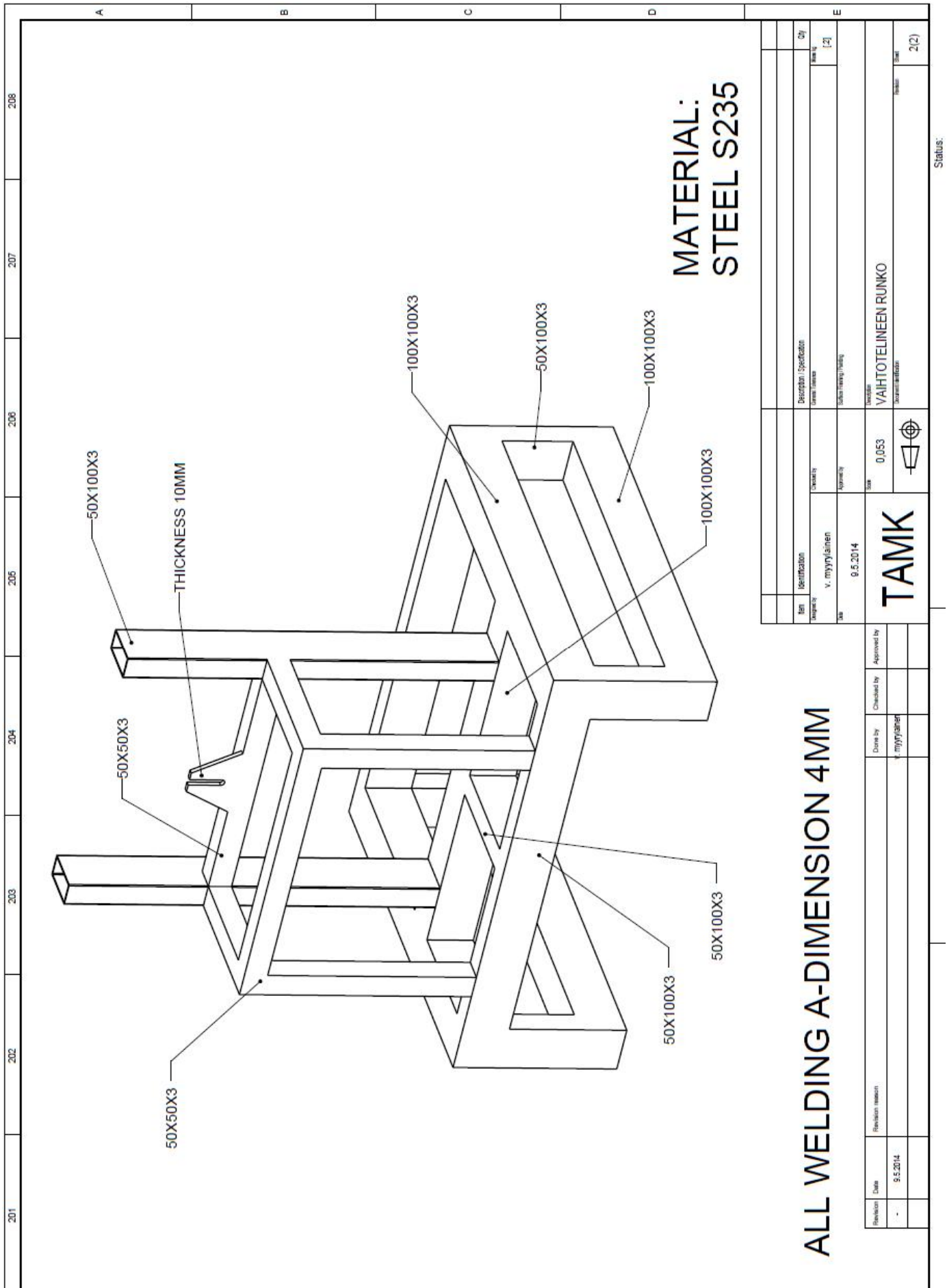
ALL WELDING JOINTS
A-DIMENSION 4MM!

Revision	Date	Revision reason	Drawn by	Checked by	Approved by	<div style="text-align: center;">  TAMK </div>	0,071 mm	Standard KEHTO Standard in effect	Description / Specification General conditions	Item Identification v.myyrylainen Date 9.5.2014	Checked by Approved by	Qty Unit [2]
-	9.5.2014											

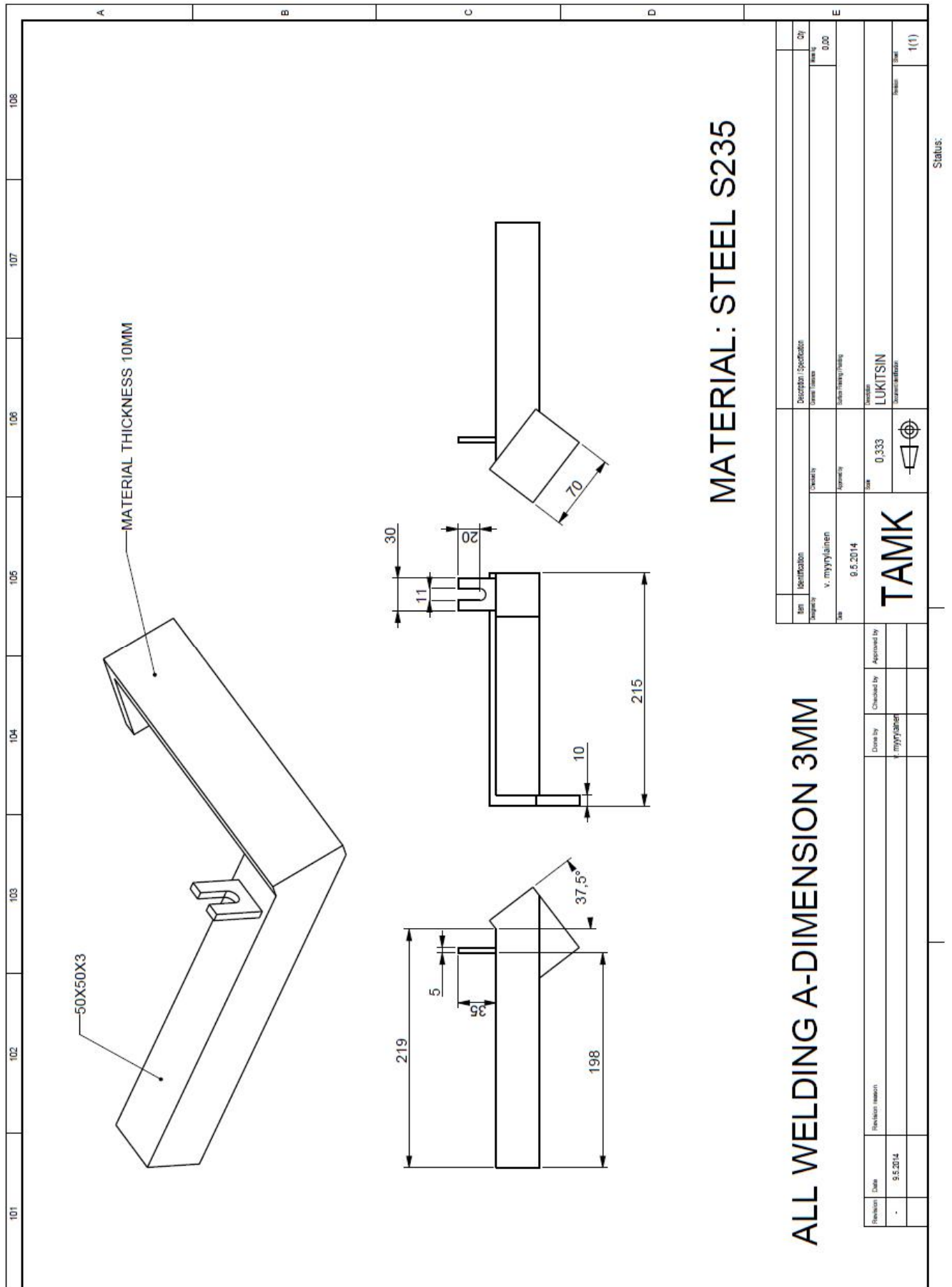
Liite 4. Vaihtotelineen rungon piirustus (Sivu 1)



Liite 4. Vaihtotelineen rungon piirustus (Sivu 2)

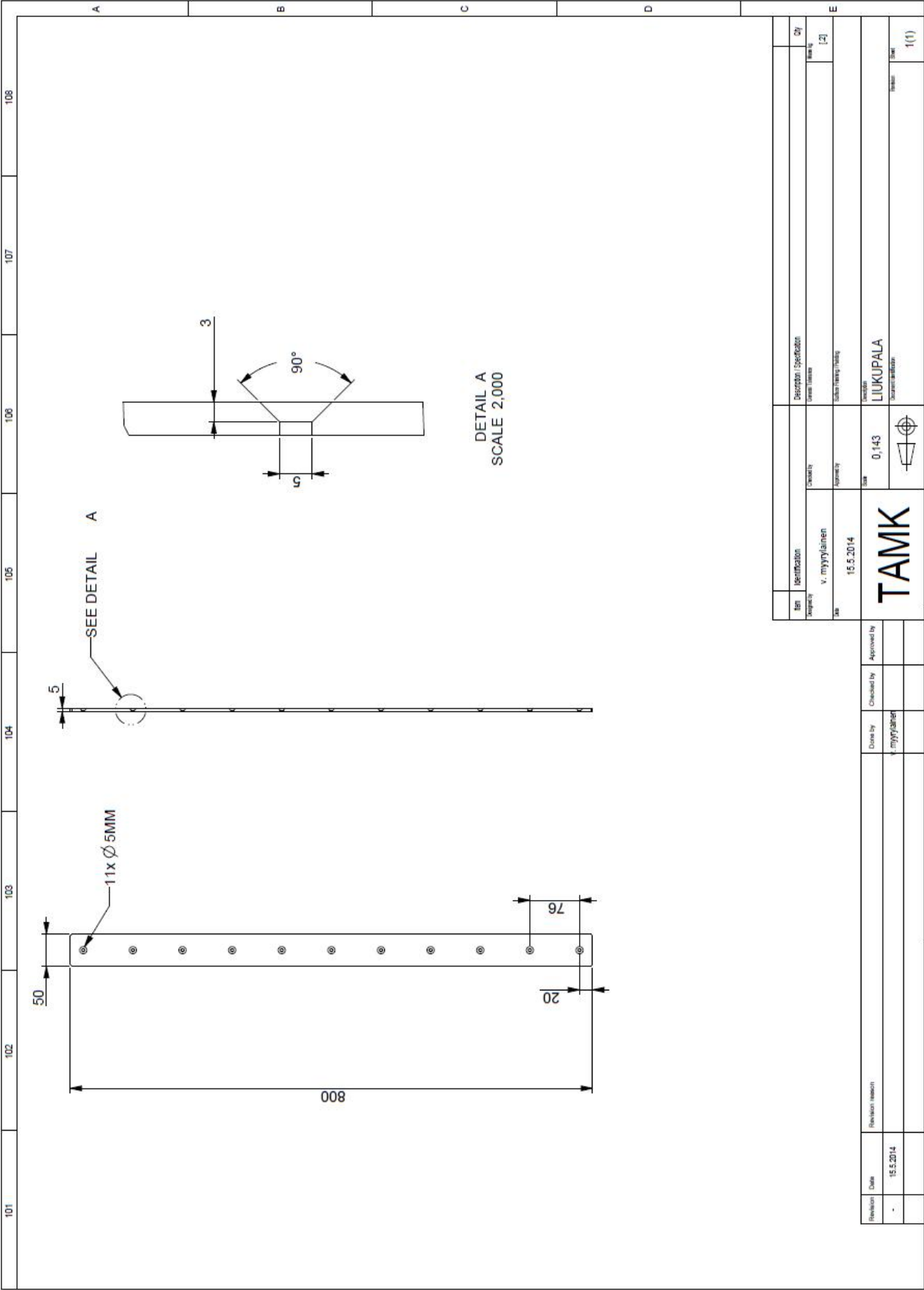




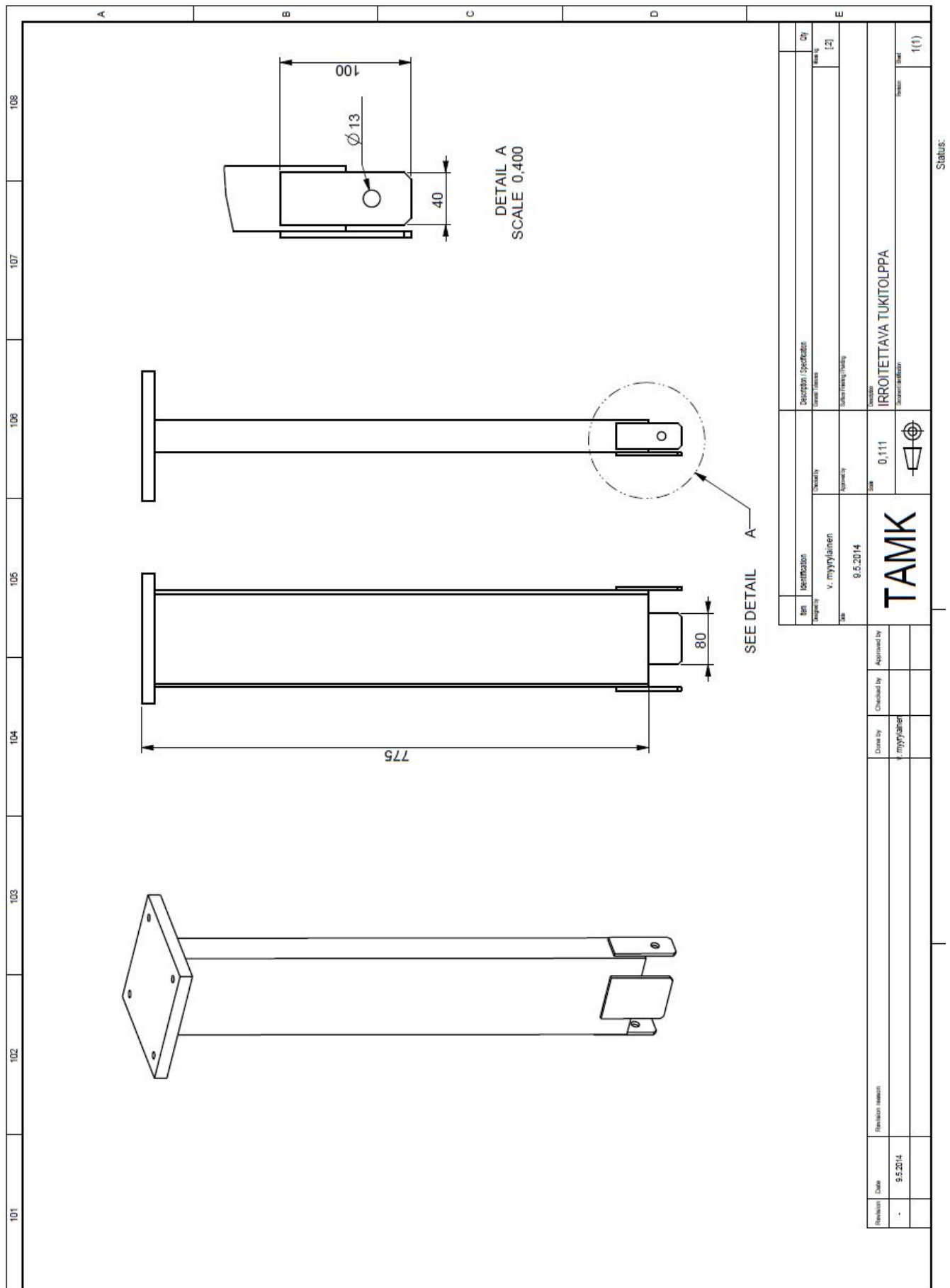


Status:

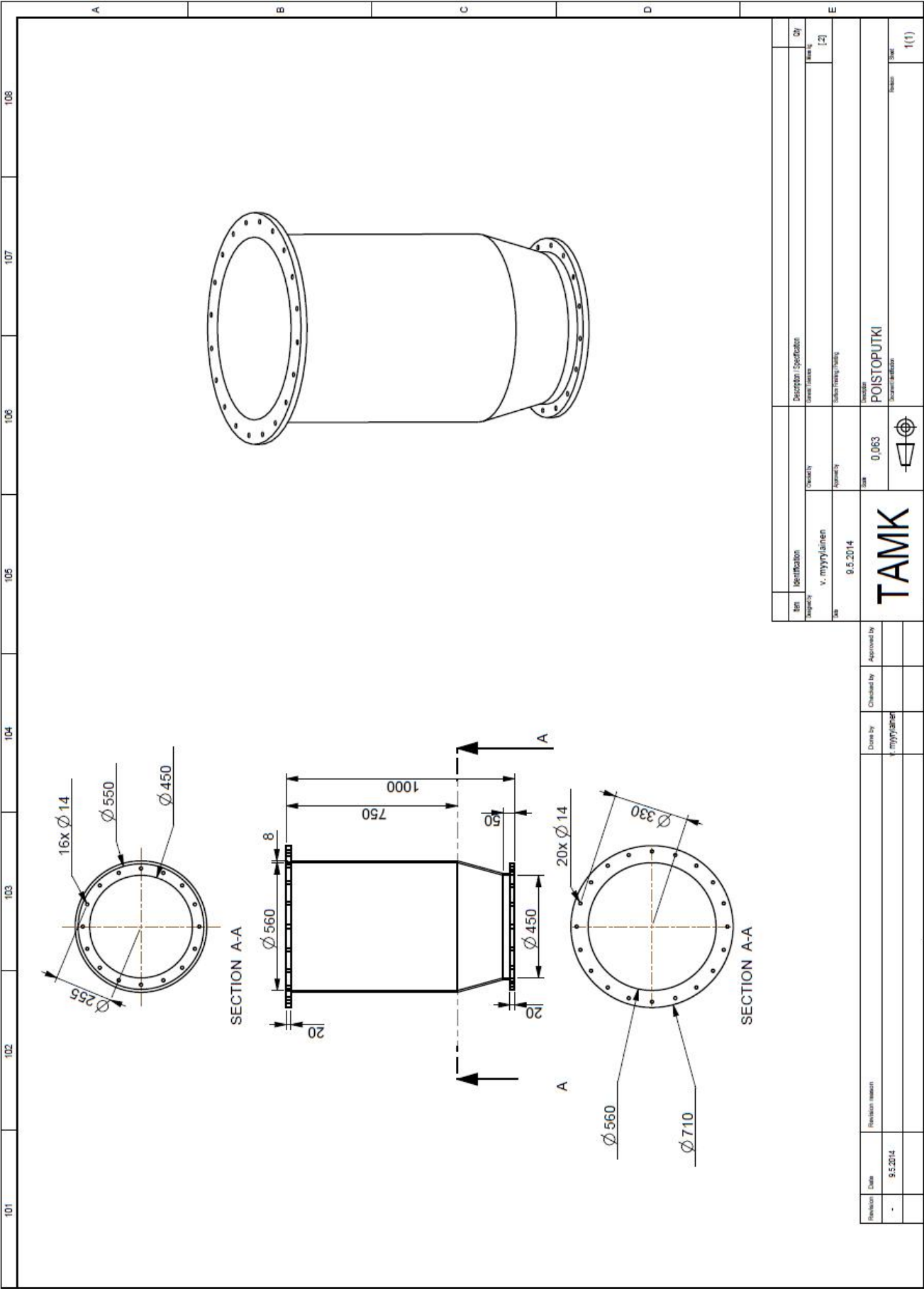
Liite 9. Liukupalan piirustus



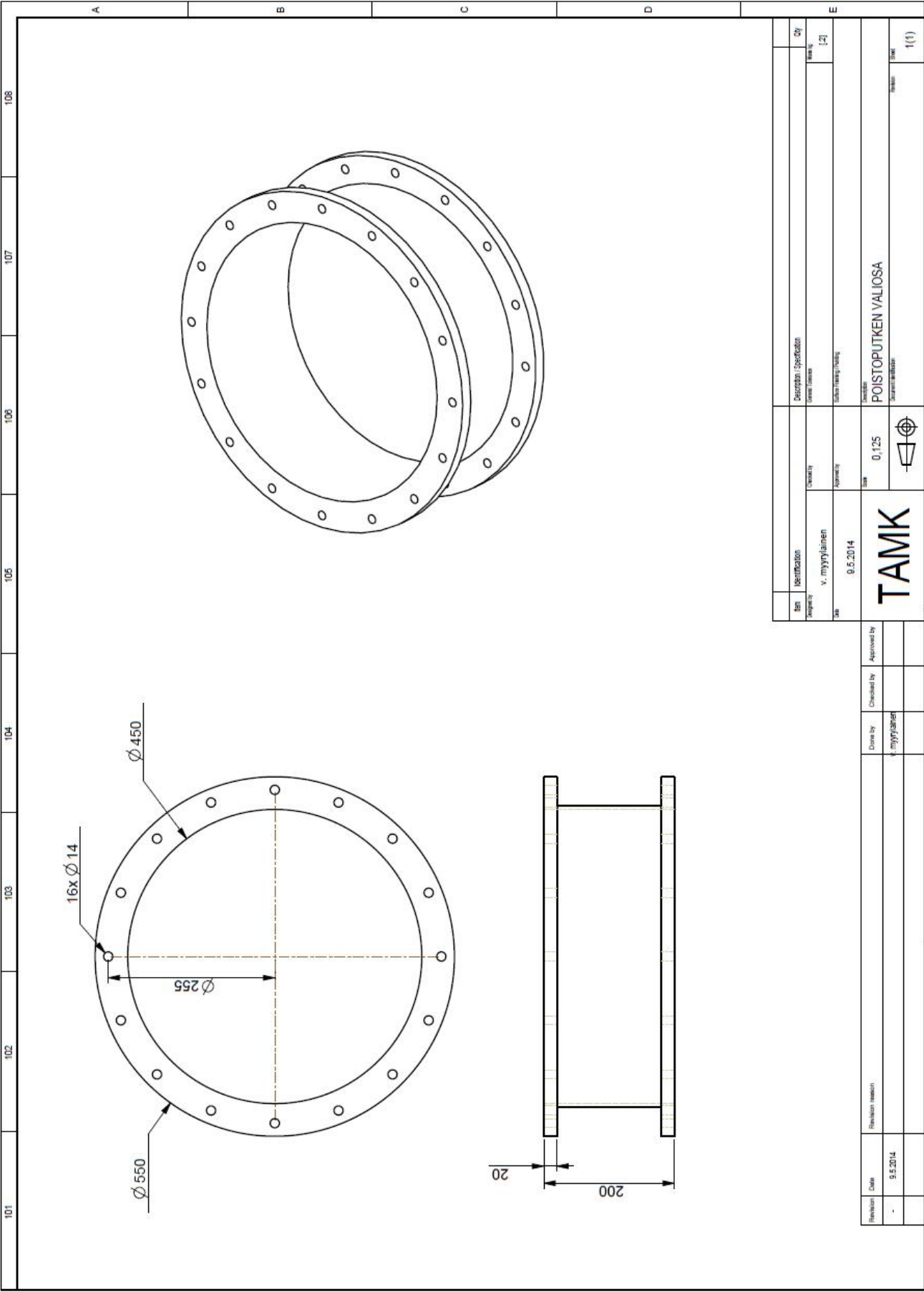
Liite 8. Poistoputken tukitolpan piirustus



Liite 9. Poistoputken piirustus



Liite 10. Poistoputken väliosa



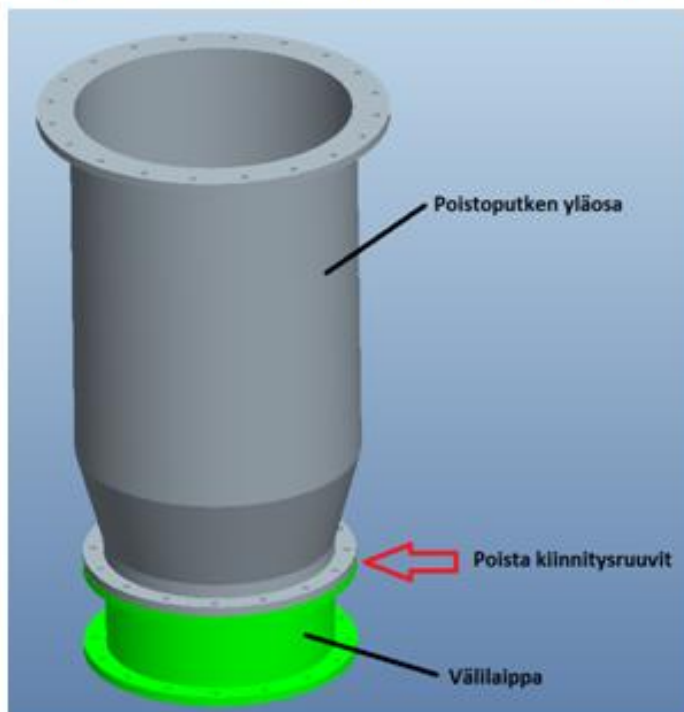
Item		Identification		Chemicality		Description / Specification		Qty	
Material		v. myyjäinen		Agreement		Customer / Supplier		Name	
Date		9.5.2014				Technical Drawing / Drawing		[2]	

Peittauslinjan happohöyrypuhaltimen juoksupyörän irrotuksen työohje**Vaihe 1. Puhaltimen etukannen, poistoputken ja tukitolpan irrotus**

- 1) Irrota puhaltimen etupuolella olevan poistoputken kiinnitysruuvit (16kpl) putken ja puhaltimen etukannen välistä.



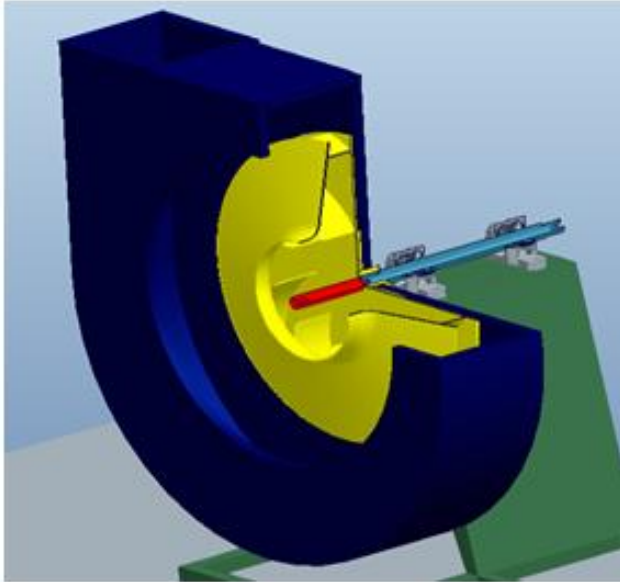
- 2) Irrota 90 asteisen putken ja ylösnousevan poistoputken väliset kiinnitysruuvit (16kpl).



- 3) Poista 90 asteinen putki välilappoineen.
- 4) Irrota tukitolppa.
- 5) Irrota puhaltimen etukannen kiinnitysruuvit ja poista etukansi.

Vaihe 2. Juoksupyörän irrotus

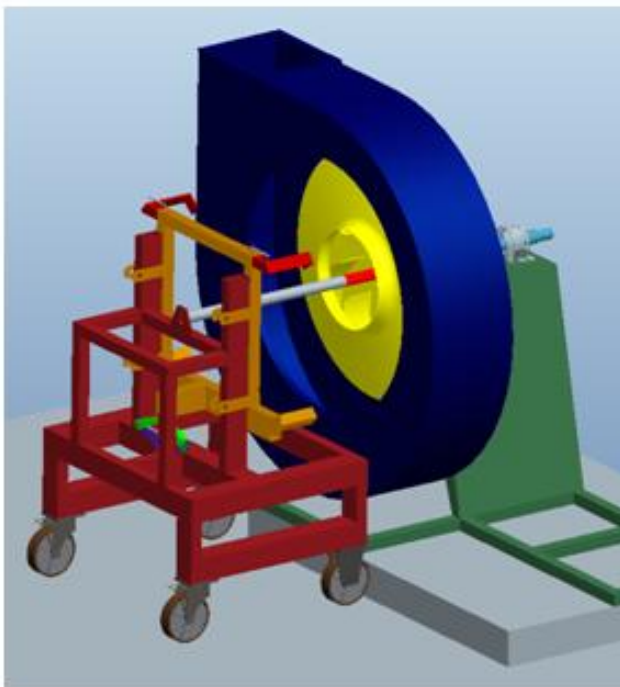
- 1) Ruuvaa ulosvetoakseli puhaltimen käyttöakselin lukitusmutterin kierteeseen kiinni.



- 2) Paina juoksupyörä ulos sopivan ulosvetimen tai hydrauliturkin avulla.

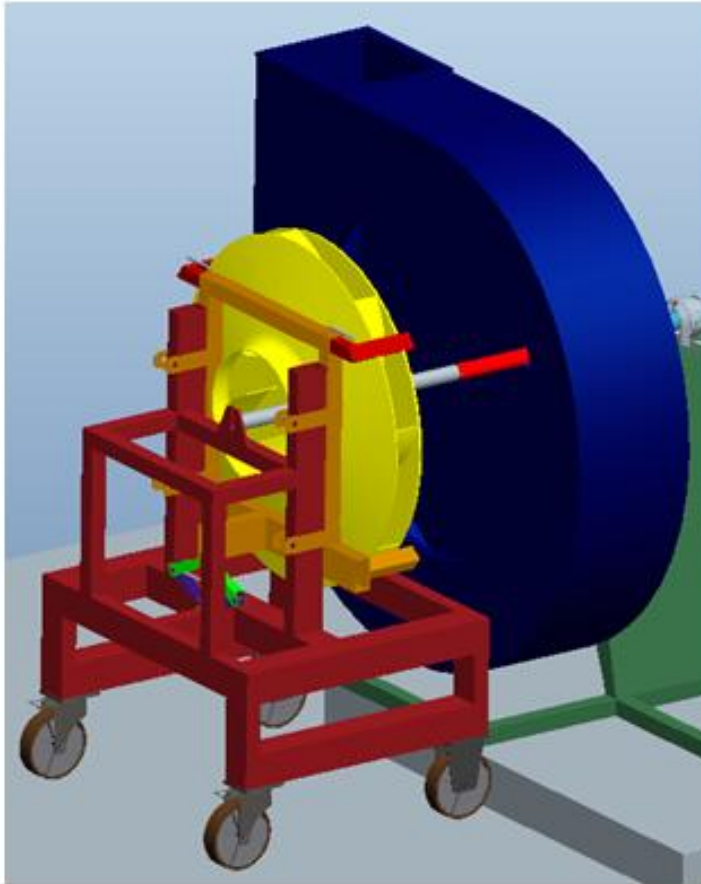
Vaihe 3. Ohjausakselin kiinnitys ulosvetoakselin ja vaihtotelineen välille

- 1) Tuo vaihtoteline puhaltimen eteen.
- 2) Ruuvaa ohjausakseli ulosvetoakselin ja vaihtotelineen välille. Kiristä liitokset.

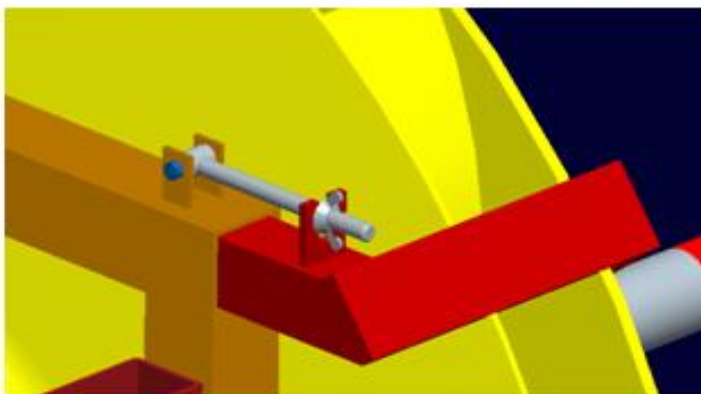


Vaihe 4. Juoksupyörän liu'utus ja kiinnitys vaihtotelineelle

- 1) Työnnä juoksupyörä mahdollisimman lähelle telineen kehtoa



- 2) Nosta kehtoa niin, että juoksupyörä asettuu kehtoon suurin piirtein pystyasentoon, korjaa vielä juoksupyörä mahdollisimman lähelle kehtoa.
3) Kiinnitä lukitsimet kehdon yläosaan ja kiristä siipimutterit



- 4) Nosta juoksupyörä vaihtotelineen varaan ohjausakselilta

Vaihe 5. Ohjausakselin irrotus

- 1) Irrota ohjausakseli vaihtotelineen ja puhaltimen väliltä.
- 2) Vaihtoteline on juoksupyörineen tämän jälkeen valmis siirrettäväksi.

